



2023년도 한국가스학회 봄 학술대회

- 일시 : 2023년 5월 25일(목) ~ 26일(금) (2일간)
- 장소 : 제주 오리엔탈호텔

2023년 한국가스학회 봄 학술대회 대회조직위원회

회장: 정희용(한국도시가스협회)

총괄위원장: 이근원(아주대학교)

조직위원장: 김의수(한국교통대학교)

조직위원

부회장

한정옥(한국가스공사)	양영근(한국가스신문사)	이정환(전남대학교)	이광원(호서대학교)
김창기(한국기계연구원)	채충근(미래기준연구소)	한동근(한국가스공사)	문종삼(에너지기술평가원)
신동일(명지대학교)	박희준(한국가스안전공사)	손현익(경동도시가스)	이창언(인하대학교)
노대용(삼성전자)	김대성(크리오스)	임동호(DNV)	

이사

김한상(가천대학교)	김태호((주)셀아이웍스)	장기현(인하대학교)	이형섭(명지대학교)
강승규(한국가스안전공사)	방부형(경기과학대학교)	신창훈(한국가스공사)	김태훈(호서대학교)
유선일(DNV)	고재필(한국가스공사)	손한암(부경대학교)	권현길(한국교통대학교)
임옥택(울산대학교)	김영균(한국가스공사)	왕지훈(한양대학교)	황준영(GS칼텍스)
한우섭(안전보건공단)	심진욱(태성에스엔이)	이영수(전북대학교)	유병태(한국교통대학교)
김동민(한국가스공사)	임강민(ATG)	권순일(동아대학교)	조규선(호서대학교)
박윤철(제주대학교)	신원협((주)엔케이)	정돈영(한국아이티오)	박진남(에너지기술평가원)
홍기훈(고등기술연구원)	최인수(에너지신문)	전진만(E1)	강웅(한국표준과학연구원)
강찬규(한경대학교)	채제용(이투뉴스)	한정철(한국LPG산업협회)	유현석(한국가스공사)
이선엽(한국기계연구원)	조남준(에너지데일리)	송민호(한국가스기술공사)	박병홍(한국교통대학교)
장호창(강원대학교)	남궁윤(한국가스공사)	홍성경(한국가스공사)	문흥만((주)에이원)
최성웅(경상국립대학교)	박영구(에너지토피아)	김진국(한양대학교)	이동훈(한국가스안전공사)
이재훈(한국가스안전공사)	장현국(KEI컨설팅)	조정호(공주대학교)	이정순(한국표준과학연구원)
이승환(한국교통대학교)	조안오(한국에너지재단)	황주석(서울도시가스)	양영명(동화엔텍)
정승호(아주대학교)	전재완(경북대학교)	정인철(에스코)	김영근(한국가스공사)
이철진(중앙대학교)	허관희(한국교통대학교)	정순환(부산도시가스)	손승길(경동나비엔)
채정민(한국가스공사)	조승현(동양미래대학교)	정기선(해양도시가스)	서정대(화성밸브)
김동현(렉터스)	양원백(송실사이버대학교)	서정철(삼천리)	정현택(대성계전)
박경태(숙명여자대학교)	김성민(한양대학교)	우재화((주)JB)	우성민(삼중테크)
오정석(한국가스안전공사)	김범수(한국도시가스협회)	김민섭(삼성전자)	

감사 : 하동명(세명대학교) 박태영(우리회계법인)

한국가스학회 2023 봄 학술대회 일정표

▶ 5월 25일(목)

시간	A 발표장 (사라홀1)	B 발표장 (사라홀2)	C 발표장 (한라홀1)	D 발표장 (한라홀2)	E 발표장 (한라홀3)	F 발표장 (몽블랑)	포스터발표 (일출홀)	
08:40~18:00	등록(2F 등록데스크)							
9:00~10:00	전문교육	(특별세션1) 에너지전환을 향한 도시가스 산업 발전방향	(특별세션2) 친환경연료 화물계측기 기 및 실증	(일반세션1) 천연가스/안 전환경/수소 및 신재생가스	(일반세션2) 안전환경/도 시가스/설비· 이용			
10:00~11:00								
11:00~12:00								
13:00~17:30	(특별세션3) 온실가스 감축을 위한 천연가스 수소혼소 적용에 있어 관로 자재 로서의 PE100, PA12의 역할		(특별세션5) 탄소 중립을 위한 수소제조	(일반세션3) 자원	(특별세션7) 충북 그린수소 산업 규제자유 특구	(특별세션8) 액화수소 활용의 전주기 분야별 개발 기술	포스터발표	
	(특별세션4) 액화수소 극저온 왕복동 펌프 개발 (비공개세션)		(특별세션6) 연구실 유형별 안전환경 표준가이드 라인 개발	준비시간(16:40~17:35)			홍보세션 발표	
17:35~17:40	2F 한라홀	(환영사) 한국가스학회 정희용 회장						
17:40~18:00		(기조강연) : 김용래 세종대 석좌교수 (前 특허청장) - 에너지안보와 기술혁신 -						
18:00~18:20		(축사 및 특별강연) 산업통상자원부 황윤길 에너지안전과장 - 수소산업 및 안전관리 정책 방향 -						
18:20~18:30		학술 시상식						
18:30~		만찬 및 간담회						

▶ 5월 26일(금)

시간	A 발표장 (사라홀1)	B 발표장 (사라홀2)	C 발표장 (한라홀1)	D 발표장 (한라홀2)	E 발표장 (한라홀3)	포스터발표 (일출홀)
8:30~12:00	등록(2F 등록데스크)					
9:00~13:00	(일반세션4) 수소 및 신재생가스/ 정책	(특별세션9) 에너지전환 을 향 한 도시가스 산업 발전방향	(일반세션5) 수소생산/수소 활용	(일반세션6) 수소 및 신재생가스	(일반세션7) 안전환경	포스터발표

A 발표장

A-1	· 주제: 특별세션3. 온실가스 감축을 위한 천연가스 수소혼소 적용에 있어 관로 자재 로서의 PE100, PA12의 역할 · 일시: 2023년 5월 25일(목), 13:00~15:00
A-2	· 주제: (비공개세션) 특별세션4. 액화수소 극저온 왕복동 펌프 개발 · 일시: 2023년 5월 25일(목), 15:20~17:40
A-3	· 주제: 일반세션4. 수소 및 신재생가스/정책 · 일시: 2023년 5월 26일(금), 09:00~12:20

A-1.**온실가스 감축을 위한 천연가스 수소혼소 적용에 있어
관로 자재 로서의 PE100, PA12의 역할**

A발표장(사라홀1)		2023년 5월 25일(목), 13:00~15:00
		좌장 : 신지호(폴리텍) page
A01	천연가스 수소혼소 적용에 있어 관로자재로서의 PE100, PA12의 역할 <u>신지호</u> (주)폴리텍, (주)파이프뱅크	41
A02	도시가스용 배관 소재의 PE100 재료 적용을 위한 융착성능 연구 <u>이화영</u> , 서호성, 이재훈 한국가스안전공사 가스안전연구원	42
A03	수소 파이프라인을 위한 혁신적인 솔루션 <u>유종식</u> EVONIK KOREA	43

A-2.

액화수소 극저온 왕복동 펌프 개발

A발표장(사라홀1)		2023년 5월 25일(목), 15:20~17:40	
		좌장 : 박중호(한국기계연구원)	page
A04	<p>70MPa, 100kg/h급 극저온 왕복동 펌프에 관한 연구</p> <p>안병철^{***}, 함영복[*], 박중호[*], 김현세[*], 김홍욱[*], 문선영[*], 유화룡[*], 최병일[*], 허필우[*], 김정철^{***}</p> <p>[*]한국기계연구원, ^{**}과학기술연합대학원대학교</p>		44
A05	<p>액화수소 충전소용 100 kg/h, 90 MPa급 극저온 왕복동 펌프 설계 및 제작</p> <p>김외한, 심규철, 이기봉, 김재영, 김동찬</p> <p>광신기계공업(주) 콤프레샤시스템연구소</p>		45
A06	<p>공급 액체의 과냉도에 따른 극저온 피스톤펌프의 성능 변화</p> <p>김경중, 배준혁, 정상권</p> <p>한국과학기술원</p>		46
A07	<p>액화수소 충전용 극저온 왕복동 펌프의 성능평가 및 안전기준 적용 분석</p> <p>류영돈, 김대현</p> <p>한국가스안전공사 가스안전연구원 에너지안전실증연구센터</p>		47

A-3.

수소 및 신재생가스/정책

A발표장(사라홀1)		일시: 2023년 5월 26일(금), 09:00~12:20	
			좌장 : 남궁윤(한국가스공사) page
A08	09:00-09:20 (20')	수소추진선의 연료준비실 내의 환기 특성에 관한 연구 류보림, 두용판양, 정진원*, 송미경**, 강호근 한국해양대학교, *한국조선해양기자재연구원, **한국해양교통안전공단	48
A09	09:20-09:40 (20')	액화수소 충전소 위험성 평가에 관한 연구 유은결, 김민아, 이경식, 강승규 한국가스안전공사 가스안전연구원	49
A10	09:40-10:00 (20')	수소충전 시스템에서의 수소 누출에 따른 안전 영향 분석에 관한 연구 김부승, 한규진, 조충희 한국가스안전공사 가스안전연구원	50
A11	10:00-10:20 (20')	OpenFOAM을 이용한 액화수소 비등현상 수치해석 강형석, 김상민, 최근상, 김종태 한국원자력연구원 지능형사고대응연구부	51
A12	10:20-10:40 (20')	수소 전주기 안전관리를 위한 국제협력 현황 및 분석 한주연 한국가스안전공사 수소안전정책처	52
A13	10:40-11:00 (20')	천연가스 배관망 수소혼입 안전성 검증 기술개발 동향 문종삼 한국에너지기술평가원	53
A14	11:00-11:20 (20')	그린메탄 활용 방안 : 일본가스업계를 중심으로 남궁윤 한국가스공사 경제경영연구소	55

A-3.
수소 및 신재생가스/정책

A발표장(사라홀1)		일시: 2023년 5월 26일(금), 09:00~12:20	
			좌장 : 남궁윤(한국가스공사) page
A15	11:20-11:40 (20')	수소기술 표준화 기반구축을 위한 국제 정책동향 <u>조윤진</u> 한국가스안전공사 수소안전정책처	56
A16	11:40-12:00 (20')	가스가격 급등이 에너지기업에 미치는 영향 <u>송형상</u> 한국가스공사 경제경영연구소	57
A17	12:00-12:20 (20')	국내 산업용 도시가스 가격탄력성 추정 <u>이성로</u> 한국가스공사 경제경영연구소	58

B발표장

B-1	· 주제: 특별세션1. 에너지전환을 향한 도시가스 산업 발전방향 · 일시: 2023년 5월 25일(목), 11:00~17:30
B-2	· 주제: 특별세션9. 에너지전환을 향한 도시가스 산업 발전방향 · 일시: 2023년 5월 26일(금), 09:00~12:30

B-1. 에너지전환을 향한 도시가스 산업 발전방향

B발표장(사라홀2)		일시: 2023년 5월 25일(목), 11:00~17:30	
좌장 : 김충식((주)미래엔서해에너지)			page
B01	11:00~11:20 (20')	국내 지속가능경영보고서 공시 현황 및 분석 최지안 한국도시가스협회	61
B02	11:20~11:40 (20')	멀티 가스자동 차단 장치(도시가스, Co) 개발을 통한사용시설 안전관리 고도화 방안 연구 김태강, 김동진, 손현익 ㈜경동도시가스	62
B03	11:40~12:00 (20')	안전관리 DX화를 위한 메타버스 모델구축 연구 장창수, 김강래, 정해준, 엄병주, 정상훈 JB주식회사	63
B04	12:00-12:20 (20')	지능형 정압설비 모니터링 시스템 구축 최가진 CNCITY에너지	64
	12:20~13:20 (60')	break time	
B05	13:20-13:40 (20')	KPS 100A 차단장비 및 신형 PE배관 복원장비 소개 김철진, 김옥환, 전희섭, 최정근 경남에너지(주)	65
B06	13:40-14:00 (20')	PE배관 수소 공급시 PE응착부 안전성에 대한 영향분석 검토 서영태, 김병기, 손현익 ㈜경동도시가스	66
B07	14:00-14:20 (20')	라인마크 설치 개선에 대한 고찰 김동수, 이정찬, 광경섭 서울도시가스(주)	67
B08	14:20-14:40 (20')	도시가스 T/B, L/B 감소 방안 이현중, 김주춘 ㈜부산도시가스	69

B-1. 에너지전환을 향한 도시가스 산업 발전방향

B발표장(사라홀2)		일시: 2023년 5월 25일(목), 11:00~17:30	
좌장 : 김충식((주)미래엔서해에너지)			page
B09	14:40-15:00 (20')	스마트캠(Smart CAM)의 굴착공사 현장 활용 박준우 CNCITY에너지	70
	15:00-15:10 (10')	break time	
B10	15:10-15:30 (20')	원방감시시스템 고도화를 위한 Intellingent RTU 개발 장환석, 이동한 대성에너지㈜	71
B11	15:30-15:50 (20')	Clamping 형 guard pipe 개발 김태강, 이동기, 손현익 ㈜경동도시가스	72
B12	15:50-16:10 (20')	구조해석을 통한 도시가스 매설배관의 지진 영향 분석 조윤호, 최마리아, 양주안, 전상일, 전지훈 JB주식회사	73
B13	16:10-16:30 (20')	공동주택 사용자공급관 연도별 부적합 추이와 대응 신석재 (주) 해양에너지	74
B14	16:30-16:50 (20')	스마트안전관리 종합평가 제도 소개 이인환, 류종권, 최연욱 경남에너지(주)	76
B15	16:50-17:10 (20')	탄소중립 정책 대응을 위한 도시가스 공급시설의 수소 공급 방안 검토 서영태, 김판상, 손현익 ㈜경동도시가스	77
B16	17:10-17:30 (20')	수소 이용기기 개발동향 분석 및 시사점 연구 허두강, 최재학, 이한석 한국도시가스협회	78

B-2.

에너지전환을 향한 도시가스 산업 발전방향

B발표장(사라홀2)		2023년 5월 26일(금), 09:00~12:30	
좌장 : 손현익(경동도시가스)			page
B17	09:00-09:15 (15')	도시가스 장기사용설비의 안전투자 촉진 제도개선 연구 정희용, 김범수 한국도시가스협회	79
B18	09:15-09:30 (15')	도시가스배관의 AC간섭 해소를 위한 연구 이도원 미래엔서해에너지	80
B19	09:30-09:45 (15')	전위IoT Data 활용한 스마트 안전관리시스템 구축 장원진 (주) 에스코	81
B20	09:45-10:00 (15')	비개방형 구조물 내 도시가스 누출로 인한 사고의 정량적 위험성 평가 문철환, 김종경, 유지훈, 안정식 JB주식회사	83
B21	10:00-10:15 (15')	IOT단말기(공급압력 수집기) 자체개발을 통한 유지관리 비용 절감 김동신, 정용희 서울도시가스(주)	84
B22	10:15-10:30 (15')	도시가스 에너지 데이터 기반 글로벌 에너지 위기 대응전략 강구 김동영, 허정*, 이수진** 한국도시가스협회	86
B23	10:30-10:45 (15')	수상드론 기술을 활용한 도시가스 하천횡단배관 배관 측량 류태형, 김성태, 백무경, 신영인 (주)부산도시가스	87
	10:45-11:00 (15')	break time	

B-2.

에너지전환을 향한 도시가스 산업 발전방향

B발표장(사라홀2)		2023년 5월 26일(금), 09:00~12:30	
좌장 : 손현익(경동도시가스)			page
B24	11:00-11:15 (15')	Synergi Gas Area Isolation Module(AIM)을 활용한 광주 지역의 비상 차단 시나리오 연구 임노현 , 주경민, 이종수, 윤영우*, 유선일** 이노비아이솔루션(주), *(주)해양에너지, **DNV	88
B25	11:15-11:30 (15')	AR(증강현실)을 활용한 도시가스 공급시설 관리방안 임병수 CNCITY에너지	89
B26	11:30-11:45 (15')	노점측정을 통한 도시가스 배관 내 수분유입 관리와 해결방안 이정현 미래엔서해에너지	90
B27	11:45-12:00 (15')	보일러 사용 패턴에 따른 누출점검용 가스계량기 누출 알람 신뢰도 개선 연구 양진두, 이승원, 최은일, 임성현 JB주식회사	92
B28	12:00-12:15 (15')	GIS 시스템을 활용한 스마트 현장 안전 관리 김태준 , 정종진, 최다빈 대성청정에너지(주)	93
B29	12:15-12:30 (15')	도시가스 배관에 대한 수소 혼합 가스의 영향 분석 김동언 영남에너지서비스(구미)	94

C발표장

C-1	<ul style="list-style-type: none"> · 주제: 특별세션2. 친환경연료 화물계측기기 및 실증 · 일시: 2023년 5월 25일(목), 10:00~12:00
C-2	<ul style="list-style-type: none"> · 주제: 특별세션5. 탄소중립을 위한 수소제조 · 일시: 2023년 5월 25일(목), 13:00~14:30
C-3	<ul style="list-style-type: none"> · 주제: 특별세션6. 연구실 유형별 안전환경 표준가이드라인 개발 · 일시: 2023년 5월 25일(목), 14:40~16:40
C-4	<ul style="list-style-type: none"> · 주제: 일반세션5. 수소 생산/수소 활용 · 일시: 2023년 5월 26일(금), 09:00~13:00

C-1. 친환경연료 화물계측기기 및 실증

C발표장(한라홀1)		일시: 2023년 5월 25일(목), 10:00~12:00	
			좌장 : 이채호(한라IMS(주))
			page
C01	10:00-10:20 (20')	저탄소 및 탈탄소 연료를 선택적으로 사용할 수 있는 중소형 선박용 LFSS 개발 김경엽 , 장동식, 김규천, 정순철, 조정규*, 최재혁** 한라IMS(주), *한국선박기술, **한국해양대학교 기관시스템공학부	97
C02	10:20-10:40 (20')	LNG 화물측정 계측기기 개발 김주현 , 천이환, 천광익, 성규환, 박종웅 한라IMS(주)	98
C03	10:40-11:00 (20')	LNG 화물측정 계측기기 실증기술 개발 신재웅 , 정진원, 김수현, 김대환, 권순형 (재)한국조선해양기자재연구원	99
C04	11:00-11:20 (20')	고정밀 LNG용 정전용량식 레벨계측장치 연구 이동현 , 정종민*, 이채호*, 손원무* 한라IMS(주)	100

C-2.**탄소중립을 위한 수소제조**

C발표장(한라홀1)		일시: 2023년 5월 25일(목), 13:00~14:30	
			좌장 : 최성희(한국가스공사) page
C05	13:00-13:20 (20')	용융금속축매 활용 천연가스 열분해 공정의 기술 경제성 분석 박진모, 김요한, 송택용, 김형식 한국가스공사 가스연구원	101
C06	13:20-13:40 (20')	3.3MW급 제주 그린수소 생산 플랜트 구축 윤주영, 윤석문, 김영운, 노상은 두산에너지빌리티	102
C07	13:40-14:00 (20')	대용량 액체수소 인수기지 기반기술 개발 박창원, 권용수, 이영범, 김동혁, 서흥석 한국가스공사 가스연구원 LNG기술연구소	103
C08	14:00-14:20 (20')	탄소중립을 위한 연소 배가스 CO₂ 포집 및 액화기술 개발 우경택, 김봉규, 소영석 한국가스공사 가스연구원 수소기술연구소	104
	14:20-14:30 (10')	토의 및 마무리	

C-3.

연구실 유형별 안전환경 표준가이드라인 개발

C발표장(한라홀1)		일시: 2023년 5월 25일(목), 14:40~16:40	
좌장 : 김태수(한국연구실안전전문가협회)			page
C09	14:40-14:55 (15')	최근의 융합연구와 부합하는 연구실 안전관리 추진 송영호, 김태수, 박갑동, 이근원, 김태욱, 김영만, 한호규 한국연구실안전전문가협회	105
C10	14:55-15:10 (15')	출연(연) 연구안전 직무 및 조직 개선에 관한 연구 송영호, 김영만, 김태수, 박갑동, 한호규, 김태욱 한국연구실안전전문가협회	106
C11	15:10-15:25 (15')	연구실 안전환경 최적화를 위한 소요예산 추정 방법 이근원*, 김태욱, 송영호, 김영만, 한호규**, 김태수** 아주대학교 환경공학과, *아주대학교 환경안전공학과, **(주)되고시스템	107
C12	15:25-15:40 (15')	화학분야 연구실 내 주요화학물질 반응위험성 정보시스템 개발 연구 김용필*, 이근원*, 송영호** (주)되고시스템, *아주대학교, **대전과학기술대학교	108
C13	15:40-15:55 (15')	연구실 안전보건관리 업무 향상을 위한 연구 김경천, 정기연, 류동철, 문다은, 한옥란 한국기계연구원 안전보건실	109
C14	15:55-16:10 (15')	연구실 설치·운영에 관한 기준 및 가이드라인 현장 적용 사례 황원*, 장원영, 이수민 한국과학기술원 재난안전본부, *한국과학기술원 재난안전본부	110
C15	16:10-16:25 (15')	한국화학연구원 안전환경 표준 매뉴얼 및 가이드 이은호, 정나라, 이효건 한국화학연구원 안전보건실, 한국화학연구원 안전보건실	111
	16:25-16:40 (15')	토의 및 마무리	

C-4.

수소 생산

C발표장(한라홀A)		일시: 2023년 05월 26일(금), 09:00~10:30	
좌장 : 문상봉((주)엘캠텍)			page
C16	09:00-09:15 (15')	암모니아 수소추출설비 관련 안전성능 분석 및 위험항목 도출 맹주희 , 추지안, 정재환 한국가스안전공사 가스안전연구원	112
C17	09:15-09:30 (15')	암모니아 기반 수소추출설비 관련 사고사례 및 안전기준 분석 조유림 , 추지안, 정재환, 이정운 한국가스안전공사 가스안전연구원	113
C18	09:30-09:45 (15')	현장에서 제조되는 수전해설비 설치 특성별 안전기준 분석 추지안 , 이정훈, 정재환, 이정운 한국가스안전공사 가스안전연구원	114
C19	09:45-10:00 (15')	수전해 설비 국내·외 내압시험 분석 및 연구 윤문상 , 이정훈, 정재환, 이정운, 박희준 한국가스안전공사 가스안전연구원	115
C20	10:00-10:15 (15')	그린수소/암모니아 사업개발 적용 SOEC Solution 개발 현황 김동석 SK Ecoplant	116
C21	10:15-10:30 (15')	안전운전을 위한 수전해 STACK의 설계 문상봉 , 셸리말, 박찬성, 최윤기 엘캠텍	117

C-4.

수소 활용

C발표장(한라홀A)		일시: 2023년 05월 26일(금), 10:30~13:00	
좌장 : 이정운(한국가스안전공사 가스안전연구원)			page
C22	10:30-10:45 (15')	수소추출기 연계형 연료전지 시스템 KGS Code 개발 현황 김수경, 추지안, 정재환, 이정운 한국가스안전공사 가스안전연구원	118
C23	10:45-11:00 (15')	고체산화물 연료전지(SOFC) 복합배기 시스템 안전기준 개발 연구 유수연, 정재환 한국가스안전공사 가스안전연구원	119
C24	11:00-11:15 (15')	대전시 한발수목원 3kW 연료전지 실증 결과 김건중, 진중우, 조현일 에이치앤파워	120
C25	11:15-11:30 (15')	미코파워의 SOFC 기술개발 동향 이신구, 박진수, 박진아, 최성호 미코파워	121
C26	11:30-11:45 (15')	두산의 연료전지 개발 현황 박정건, 박재현, 양정환, 김진태, 원진연 두산퓨얼셀	122
C27	11:45-12:00 (15')	비행체용 연료전지 시스템 위험요소 분석 및 안전기준 개발 연구 김태현, 조인록, 최재욱, 이정운 한국가스안전공사 가스안전연구원	123
C28	12:00-12:15 (15')	수소법 하위 선박용 이동형 연료전지 KGS Code 개발 연구 최재욱, 조인록 한국가스안전공사 가스안전연구원	124
C29	12:15-12:30 (15')	건설기계 중장비용 수소연료전지 파워시스템 개발 및 실증 박영철, 원중보, 곽부호, 김성진, 홍진석, 김현섭, 김효진, 정윤수 현대모비스	125
C30	12:30-12:45 (15')	수소연료전지 지게차 파워팩 개발 및 실증 박주연, 김성진, 이용희, 홍진석, 김현섭, 김효진, 박영철 현대모비스	126
C31	12:45-13:00 (15')	이동형 연료전지 활용처 유형별 안전기준 통합 연구 조인록, 최재욱, 이정운 한국가스안전공사 가스안전연구원	127

D발표장

D-1	· 주제: 일반세션1. 천연가스/안전환경/수소 및 신재생가스 · 일시: 2023년 5월 25일(목), 10:00~12:00
D-2	· 주제: 일반세션3. 자원 · 일시: 2023년 5월 25일(목), 13:00~16:15
D-3	· 주제: 일반세션6. 수소 및 신재생가스 · 일시: 2023년 5월 26일(금), 09:00~12:20

D-1. 천연가스/안전환경/수소 및 신재생가스

D발표장(한라홀2)		일시: 2023년 5월 25일(목), 10:00~12:00	
좌장 : 김성훈(네레이드안전컨설팅)			page
D01	10:00-10:20 (20')	가스산업의 지속가능경영을 위한 ESG 대응 방안 윤철희 , 이근원, 정승호 아주대학교 환경공학과	131
D02	10:20-10:40 (20')	수소혼입 환경에서 연소기·가스기기 연소성능 안전성 검증 및 안전기술 개발에 관한 연구 조영광 , 신현국, 이재훈 한국가스안전공사 가스안전연구원	132
D03	10:40-11:00 (20')	세계 최초 완전방호식 멤브레인 LNG 저장탱크 개발 김영균 , 양영철, 서홍석, 진교국 한국가스공사 가스연구원	133
D04	11:00-11:20 (20')	Thermal Desktop을 활용한 액화수소 충전 시스템의 열유동 시뮬레이션 김지영 , 이창열, 이정호, 심정연 에이블맥스(주)	134
D05	11:20-11:40 (20')	PAUT 절차서 검증 시스템 개발을 위한 구성 요소 분석 김민주 , 김정환, 이민경, 전병직, 이재훈 한국가스안전공사	136
D06	11:40-12:00 (20')	초과곡선을 이용한 설계하중/시나리오 방법 소개 김성훈 , 방부형* 네레이드안전컨설팅, *경기과학기술대학교	137
D07	12:00-12:20 (20')	고망간강 내조 광양 5호기 평저형 LNG 저장탱크의 초기 1년 운전 분석 김정환 , 이민경, 이재훈, 이진한 한국가스안전공사 가스안전연구원	138

D-2.

자원

D발표장(한라홀2)		일시: 2023년 5월 25일(목), 13:00~16:15	
좌장 : 이정환(전남대학교), 신창훈(한국가스공사)			page
D08	13:00-13:15 (15')	국내 미개발 심부 석탄층에의 이산화탄소 지중저장 성원모 (주)골든엔지니어링/한양대학교 자원환경공학과	139
D09	13:15-13:30 (15')	머신러닝 앙상블 기법을 이용한 물리검층 자료 기반 투과도 예측 모델 성능 개선 연구 김재윤, 안유빈, 천예리, 정석희, 권순일 동아대학교 에너지자원공학과	141
D10	13:30-13:45 (15')	해상 CCS 저장소 운영을 위한 주입 시스템 설계 연구 오유빈, 이영빈, 한아름*, 이재영*, 이영수 전북대학교, *한국CCUS추진단	142
D11	13:45-14:00 (15')	해외 블루수소 안정적 공급망 구축을 위한 기술개발 이원석 한국지질자원연구원	143
D12	14:00-14:15 (15')	오일샌드 유정의 단열 설계 및 생산성 분석 강인구, 송차영, 조성학, 이정환* 전남대학교 에너지자원공학과	144
D13	14:15-14:30 (15')	수소 생산 시 발생하는 불순물을 포함한 이산화탄소 지중저장 시뮬레이션 연구 고승모, 박혜리, 이용석*, 차주현*, 장호창** 강원대학교 에너지자원융합공학과, *강원대학교 에너지공학부, **강원대학교 에너지자원화학공학과	145
	14:30-14:45 (15')	break time	
D14	14:45-15:00 (15')	동심관 모델 활용 다공질 변형 및 Non-Darcy 유동 해석 정확도 향상 신창훈, 김정균, 강일오, 이태엽*, 이영수**, 이정환*** 한국가스공사, *(주)솔림버저, **전북대학교, ***전남대학교	146

D-2. 자원

D발표장(한라홀2)		일시: 2023년 5월 25일(목), 13:00~16:15	
좌장 : 이정환(전남대학교), 신창훈(한국가스공사)			page
D15	15:00-15:15 (15')	탄소 광물화를 고려한 현무암과 사암에서의 이산화탄소 지중 저장 김규현 , 김동현, 나윤수, 송영수, 이다해, 왕지훈 한양대학교 자원환경공학과	147
D16	15:15-15:30 (15')	해수 기반 나노-스마트 워터의 오일회수 증진효과 규명을 위한 실험적 연구 김혜연 , 송차영, 조성학, 강인구, 이정환* 전남대학교 에너지자원공학과	148
D17	15:30-15:45 (15')	A Field-Scale Simulation Using Matlab Reservoir Simulation Toolbox (MRST) to Evaluate Surfactant Impact on the CO2 Storage. Joseph Iranzi* , Gi-Beom Seok** Yong-Chan Park**, Hanam Son* Pukyong National University *, Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources**	149
D18	15:45-16:00 (15')	N-WAG 공법의 효율 향상을 위한 영향인자 별 민감도 분석 박혜리 , 고승모, '장호창' 강원대학교 에너지자원융합공학과, *강원대학교 에너지자원화학공학과	150
D19	16:00-16:15 (15')	CO₂ 지중저장 중 발생가능한 지구역학적 문제에 대한 고찰 송영수 , 나윤수, 김규현, 김동현, 이다해, 왕지훈 한양대학교 자원환경공학과	151

D-3.

수소 및 신재생가스

D발표장(한라홀2)		2023년 5월 26일(금), 09:00~12:20	
좌장 : 최성웅(경상국립대학교), 강웅(한국표준과학연구원)			page
D20	09:00-09:20 (20')	중소형 LPG 추진선박 상용화를 위한 LPG 병커링 안전성 평가 기반 액화석유가스 선박 충전 제도화 방안 연구 최영주 , 박인애, 유지수, 오정석 한국가스안전공사 가스안전연구원	152
D21	09:20-09:40 (20')	도시가스 배관망 수소 혼입 전주기 안전성 검증 기술개발 및 실증 계획 서국진 , 한원국, 이동원, 류영조, 곽채식 한국가스안전공사	153
D22	09:40-10:00 (20')	수소충전용 냉각장치 열교환기(PCHE) 열유동 해석 연구 이성우 , 최성웅 경상국립대학교	154
D23	10:00-10:20 (20')	수전해 설비에 대한 비상상태 발생요인 도출 김현기 , 김태훈*, 이광원*, 서두현**, 이동민 호서대학교 안전공학과, *호서대학교 안전보건학과, **피에스피	155
D24	10:20-10:40 (20')	수소공급기지 잠재위험요인 분석을 위한 HAZOP 연구 이충현 , 김태훈*, 이광원**, 서두현***, 이동민* 호서대학교 안전행정공학과, *호서대학교 안전공학과, **호서대학교 안전보건학과, ***피에스피	156
D25	10:40-11:00 (20')	KRISS 수소유량 현장교정시스템의 실증 연구 강웅 , 신진우, 백운봉 한국표준과학연구원	157
D26	11:00-11:20 (20')	액화수소 누출시험에 대한 최신 기술 동향 김정민 , 강승규, 김승환, 이경식 한국가스안전공사 가스안전연구원	158

D-3.

수소 및 신재생가스

D발표장(한라홀2)		2023년 5월 26일(금), 09:00~12:20	
좌장 : 최성웅(경상국립대학교), 강웅(한국표준과학연구원)			page
D27	11:20-11:40 (20')	<p>메탄올 연료를 활용한 고체산화물연료전지 및 고분자전해질연료 전지를 복합 적용한 선박 연료전지시스템의 설계 및 분석에 대한 연구</p> <p>정진원, 신재웅, 김수현, 김대환, 권순형, 류보림*, 즈영판안*, 강호근**</p> <p>한국조선해양기자재연구원, *한국해양대학교</p>	159
D28	11:40-12:00 (20')	<p>A Study on Safety Assessment of Ammonia Release Process</p> <p>Duong Phan Anh, Ryu Bo Rim, Jinwon Jung*, Mi Kyoung Song**, Hokeun Kang***</p> <p>Korea Maritime and Ocean University, *Korea Marine Equipment Research Institute, **Korea Maritime Transportation Safety Authority, ***Korea Maritime and Ocean University</p>	160
D29	12:00-12:20 (20')	<p>극저온 시험 설비와 선박운동모사장비를 활용한 조선해양기자재 성능 시험 방법 연구</p> <p>전수성, 이장원, 고성진, 신득규, 김동진, 심규은</p> <p>한국조선해양기자재연구원</p>	162

E발표장

E-1	· 주제: 일반세션2. 안전환경/도시가스/설비·이용 · 일시: 2023년 5월 25일(목), 10:00-12:00
E-2	· 주제: 특별세션7. 충북 그린수소 산업 규제자유 특구 · 일시: 2023년 5월 25일(목), 13:00~16:30
E-3	· 주제: 일반세션7. 안전환경 · 일시: 2023년 5월 26일(금), 09:00-12:00

E-1.

안전환경/도시가스/설비·이용

E발표장(한라홀3)		일시: 2023년 5월 25일(목), 10:00~12:00	
			좌장 : 진서훈(고려대학교) page
E01	10:00-10:20 (20')	아차사고 발굴 시스템 비교분석 및 가스 사고-아차사고 관계분석 이동현 , 신동일 명지대학교 화학공학과 지능형시스템연구실	165
E02	10:20-10:40 (20')	화재 사고 예방을 위한 리튬 이온 배터리 화재 시 오프가스 분석 한지윤 , 정승호* 아주대학교	166
E03	10:40-11:00 (20')	수소전기차 탑재 수소저장탱크의 사고 확산 피해예측: CFD, 회귀식 및 기계학습 모델 비교 장동국* , 신동일** *명지대학교 재난안전학과, **명지대학교 화학공학과 지능형시스템 연구실	167
E04	11:00-11:20 (20')	암모니아 분해공정의 질소를 활용한 에너지 저장시스템 연구 윤문균 , 이춘식, 염충섭 고등기술연구원	168
E05	11:20-11:40 (20')	도시가스 내 수소 혼입을 상정한 가스 호환성 검증법 검토 민세훈* , 조현석*, 장일신**, 신재훈**, 장기현**, 문석수**, 이창언** *인하대학교 수소기반 차세대 기계시스템 KIURI 연구단, **인하대학교 기계공학과	169
E06	11:40-12:00 (20')	정압설비 관리를 위한 기계학습 활용 연구 이다연 , 박현우*, 김현진*, 번가원*, 샤피 쿠슈부*, 진서훈** 고려대학교 융합기술시스템공학협동과정 석사과정, *고려대학교 응용통계학과 석사과정, **고려대학교 응용통계학과 교수	170

E-2.

충북 그린수소 산업 규제자유 특구

E발표장(한라홀3)		일시: 2023년 5월 25일(목), 13:00~16:40	
			좌장 : 홍기훈(고등기술연구원) page
E07	13:00-13:20 (20')	바이오가스를 활용한 그린수소 생산기술 및 운전 평가 장은석, 홍기훈, 박철우 고등기술연구원, 수소에너지솔루션센터	171
E08	13:20-13:40 (20')	바이오가스 전처리설비 성능개선을 통한 유기성 폐자원 바이오가스화 시설의 상용화 운전 선지윤, 김준, 박성균, 임태형 ㈜서진에너지	172
E09	13:40-14:00 (20')	바이오가스 고질화를 위한 기체분리막 공정 연구 이충섭, 임진혁, 공동욱, 정수정, 심재훈, 이재규, 백은별, 이창진, 하성용 ㈜에어레인	173
E10	14:00-14:20 (20')	바이오가스 기반 수소추출설비 실증 및 운영 김형수, 임성탁, 김대웅 현대로템(주)	174
	14:20-14:40 (20')	break time	
E11	14:40-15:00 (20')	바이오가스 기반 수소 생산·활용 실증 위험성평가 박명남, 장은석*, 홍기훈*, 김현승** ㈜스페이스, *고등기술연구원 플랜트공정개발센터, **서울대학교 화학공학과	175
E12	15:00-15:20 (20')	수소 생산·활용 실증 통합공정 및 설비 고장 예지 이상진단 모니터링 시스템 송민영*, 장은석**, 홍기훈**, 김현승*** *(주)스페이스, **고등기술연구원 플랜트공정개발센터, ***서울대학교 화학공학과	176

E-2.
충북 그린수소 산업 규제자유 특구

E발표장(한라홀3)		일시: 2023년 5월 25일(목), 13:00~16:40	
			좌장 : 홍기훈(고등기술연구원) page
E13	15:20-15:40 (20')	간이 수소 품질 검사의 분석 오차 감소를 위한 절차 남웅식 , 신국선, 민경석 (재)FITI시험연구원	177
E14	15:40-16:00 (20')	바이오가스 기반 온사이트 그린수소충전소의 경제성 분석 홍기훈 , 장은석, 송형운, 박철우 고등기술연구원	178
	16:00-16:40 (40')	종합토론	

E-3. 안전환경

E발표장(한라홀3)		2023년 5월 26일(금), 09:00~12:00	
좌장 : 이일권(대림대학교), 안병준(호서대학교)			page
E15	09:00-09:20 (20')	자동차 다기능 스위치 시스템의 고장사례 연구 이일권 , 국창호, 이정호, 함성훈, 이영숙, 이승용, 김지현, 한승민*, 이재강*, 황우찬* 대림대학교 미래자동차공학부, 대림대학교 대학원 미래자동차과 석사과정*	179
E16	09:20-09:40 (20')	인화알루미늄 훈증제 화학사고 원인분석 및 기술·관리·제도적 개선방안 연구 남근우 , 박춘화, 천광수, 조윤제, 김재영, 황승울 화학물질안전원	184
E17	09:40-10:00 (20')	석유화학 사업장 내 초음파/영상 기반 AI 융복합 가스 누출 감지 기술 개발에 대한 연구 이준혁 , 박병준, 김영식*, 김인권**, 윤홍식*** 방재시험연구원, *(주)스트라티오코리아, **(주)에스엠인스트루먼트, ***성균관대학교	185
E18	10:00-10:20 (20')	유한요소해석을 통한 수소 매설 배관의 안전성 평가에 대한 연구 김다인 , 유지수, 이효렬 한국가스안전공사 가스안전연구원	186
E19	10:20-10:40 (20')	기업 안전문화 수준평가에 관한 연구 -화학물질취급 기업 사례를 중심으로- 엄재근 , 이규식, 이동윤, 조규선 호서대 안전행정공학과	187
E20	10:40-11:00 (20')	인도 보팔 사고에 대한 휴먼에러 측면에서의 연구 김명철 , 김충래, 유현철, 조규선 호서대 안전행정공학과	188

E-3. 안전환경

E발표장(한라홀3)		2023년 5월 26일(금), 09:00~12:00	
좌장 : 이일권(대림대학교), 안병준(호서대학교)			page
E21	11:00-11:20 (20')	인공지능(AI)을 활용한 도시가스배관의 전기방식 (Cathodic Protection) 정류기 제어에 관한 연구 이형민 , 임근택*, 조규선** 호서대학교, 제이비주식회사*, 호서대학교**	189
E22	11:20-11:40 (20')	천연물합성 실험에서 유기화합물의 작업환경 노출수준에 관한 연구 임현중 , 김용진, 조규선 호서대학교	190
E23	11:40-12:00 (20')	화학사고 현장 대응 전략 방안에 관한 연구 오일환 , 김상현, 조규선 호서대 안전행정공학과	191

F발표장

F-1

- 주제: 특별세션8. 액화수소 활용의 전주기 분야별 개발 기술
- 일시: 2023년 5월 25일(목), 13:00-17:30

F-1.

액화수소 활용의 전주기 분야별 개발 기술

F발표장(몽블랑)		일시: 2023년 5월 25일(목), 13:00~17:30	
			좌장 : 홍성호(크리오스) page
F01	13:30-14:00 (30')	(발제) 액화수소 활용의 전주기 분야별 기술개발 동향 김대성, 홍성호, 차건종* (주)크리오스, *㈜대창솔루션	195
F02	14:00-14:20 (20')	액체수소 기자재용 스테인레스 소재의 수소취성 및 극저온 물성 나영상*, 김영균, 이재호, 임가람, 권현준 한국재료연구원, 극한소재연구소	196
F03	14:20-14:40 (20')	소용량 응축형 수소액화 기술 및 응용 연구 고락길, 하동우, 노현우, 구태형, 서영민 한국전기연구원 수소전기연구팀	197
F04	14:40-15:00 (20')	액화수소용 진공단열밸브의 평가기술 연구·개발 오승준, 권준영, 여종현*, 허태규* 동아대학교, *Mt.H 콘트롤밸브 주식회사	198
F05	15:00-15:20 (20')	창원 액화수소 플랜트 구축 현황 강부민 하이창원(주), 창원산업진흥원	200
	15:20-15:30 (20')	break time	
F06	15:30-15:50 (20')	수소의 대량운송을 위한 액화수소용 탱크 트레일러 개발 및 실증 연구 김경수, 임동우, 김대성, 홍성호, 차건종* (주)크리오스, *㈜대창솔루션	201
F07	15:50-16:10 (20')	수소충전소 구축 현황 임민균 효성중공업	-

F-1.**액화수소 활용의 전주기 분야별 개발 기술**

F발표장(몽블랑)		일시: 2023년 5월 25일(목), 13:00~17:30	
			좌장 : 홍성호(크리오스) page
F08	16:10-16:30 (20')	100 kg/hr급 액화수소 기화공급시스템 개발 현황 김창수 , 구병수, 박영민, 이윤혁, 손성재 (주)동화엔텍	202
F09	16:30-16:50 (20')	액화수소 저장/공급 시스템을 적용한 대용량 수소충전소 전환기술 및 실증 김호영 (재)창원산업진흥원	203
F10	16:50-17:10 (20')	수소 연료전지 하이브리드 시스템 제어 기술 이강윤 , 최우영, 조석호, 이대은 (주)컨트롤웍스	204
F11	17:10-17:30 (20')	가속내구모드 개발을 위한 수소광역버스 주요 부품 동작특성 분석 박장훈 , 김예진, 최태열, 안용수, 남충우, 이호길 한국자동차연구원	205

포스터 발표.

포스터발표장(일출출)		2023년 5월 25일(목), 13:30-16:00
		좌장 : 김의수(한국교통대학교) page
P1-01	LPG 탱크로리의 저장 용량에 따른 폭발영향 평가 곽현준, 김진서, 김태호, 이승준, 이근원*, 정승호* 아주대학교 환경공학과, *아주대학교 환경안전공학과	209
P1-02	탱크로리 LP가스 누출사고 사례에 관한 연구 김명은, 오효근, 김성진 한국가스안전공사	210
P1-03	LPG 벌크로리 주요 사고사례 검토에 관한 연구 오동석, 최성원, 이준희, 남성현, 조근욱 한국가스안전공사	211
P1-04	30kPa 이하에서 사용 가능한 대용량 배관용 퓨즈콕 개발 이지희, 오정석 한국가스안전공사 가스안전연구원	212
P1-05	LPG 소형저장탱크 안전성 향상에 관한 연구 정지윤, 신현국, 이재훈 한국가스안전공사 가스안전연구원	213
P1-06	냉방기류가 이동식부탄연소기 사용에 미치는 영향에 대한 실증 연구 최성원, 오동석, 김완구, 이준희, 남성현, 이철우 한국가스안전공사	214
P1-07	원전 판형 열교환기의 내진 건전성평가 이한희, 정기혁, 한우섭 한국산업안전보건공단 산업안전보건연구원	215
P1-08	액화수소 저장탱크/압력용기류의 진공·단열 성능평가를 위한 B.O.G 시스템 해석 곽주환, 오진식, 양승일, 이미림, 김한결, 정진보 (주)에스지티	216

포스터 발표.

포스터발표장(일출출)		2023년 5월 25일(목), 13:30-16:00
		좌장 : 김의수(한국교통대학교) page
P1-09	하이브리드 적층 구조에 따른 Type 4 수소저장용기 구조적 성능 분석 김건우 , 조항규, 박규환, 김한상 가천대학교 기계공학과	217
P1-10	Type 4 대용량 수소저장용기 충전 상황 유동 해석 시뮬레이션 정경현 , 김한상 가천대학교 기계공학과	218
P1-11	재생 HDPE 수지를 이용한 수소저장용 라이너 소재 개발 조항규 , 김한상 가천대학교 기계공학과	219
P1-12	수소충전소용 고압저장용기 기밀 부 실링의 수소 확산 영향 분석 최인호 , 김한상 가천대학교 기계공학과	220
P1-13	SOFC 열병합발전을 위한 바이오매스 가스화 유래 합성가스 공급 조건 최적화 박철우 , 홍기훈, 장은석 고등기술연구원 수소에너지솔루션센터	221
P1-14	글라이딩 아크 플라즈마를 이용한 CH4 개질 및 합성가스 생성 연구 황상연 , 이병진, 김형래, 송형운 고등기술연구원	222
P1-15	유한요소법을 이용한 수소충전용 압력용기의 균열에 관한 연구 조승현 , 최하영, 변성광, 김상현 동양미래대학교	223
P1-16	차량용 수소 저장용기에서 충전 및 방전 과정에 대한 열유동 해석 김지영 , 이창열, 심정연 에이블맥스(주)	224

포스터 발표.

포스터발표장(일출출)		2023년 5월 25일(목), 13:30-16:00
		좌장 : 김의수(한국교통대학교) page
P1-17	3D CFD 기반의 수소취급시설 폭발위험장소 구분에 관한 연구 안승호 , 오세현, 마병철* 전남대학교 화학공학부, *전남대학교 화학공학과	225
P1-18	다목적 최적화에 기반하여 이산화탄소 감축율을 고려한 대용량 수소생산 전략개발 권희웅 , 이지훈, 차규상 한국가스공사 가스연구원	226
P1-19	수소연료전지차량 충전에서의 대류 열전달계수 비교 분석 서효민 , 박병흥 한국교통대학교 화공생물공학과	227
P1-20	전산유체역학을 이용한 대용량 수소탱크 충전 과정에 대한 연구 서효민 , 심규석, 박병흥 한국교통대학교 화공생물공학전공	228
P1-21	UAM 상용화를 위한 수소연료기반 eVTOL 안전기준에 관한 연구 이수훈 , 이민수, 김세윤, 김의수 한국교통대학교 안전공학과	229
P1-22	수소 충전 모델 개발을 위한 2D CFD 상태 방정식 및 난류 모델의 정확도 분석 임가희 , 서효민, 박병흥 한국교통대학교 화공생물공학전공	230
P1-23	액화수소 고압펌프 챔버 내 유동 유한요소해석 김현세** , 함영복*, 박중호* *한국기계연구원 고효율에너지기계연구부, **과학기술연합대학원대학교 융합기계시스템학과	231
P1-24	암모니아 SOFC를 위한 분해 반응기 및 촉매 연소기에 관한 연구 이상호 , 이선엽*, 오세철, 장형준, 박철웅, 김용래 한국기계연구원 친환경에너지변환연구부 모빌리티동력연구실	232

포스터 발표.

포스터발표장(일출출)		2023년 5월 25일(목), 13:30-16:00
		좌장 : 김의수(한국교통대학교) page
P1-25	기체확산층 물성이 음이온 교환막 연료전지 성능에 미치는 영향 연구 채지연 , 이선엽*, 최지선, 김선엽, 박철웅 한국기계연구원 친환경에너지변환연구부 모빌리티동력연구실	233
P1-26	수소전기차(FCEV) 화재 시 개방 및 밀폐공간에서의 정량적 위험성 평가 연구 김규원 , 김형기, 한혜정*, 정승호* 현대자동차, *아주대학교 환경안전공학과	234
P1-27	수소추출기 공정 비상상황에 따른 안전대책 마련 연구 오재진 , 서두현*, 이광원**, 김태훈***, 홍성철*** 호서대학교 안전소방학부, *PSP, **호서대학교 안전보건학과**, 호서대학교 안전공학과***	235
P1-28	고체산화물 수전해 설비에 대한 잠재위험요인 도출 유소현 , 서두현**, 이광원, 김태훈**, 김현기** 호서대학교 안전소방학부, *피에스피, **호서대학교 안전공학과	236
P1-29	반도체 제조공정 배출 미세먼지-질소산화물 동시 저감을 위한 습식 환원반응기 운전변수 최적화 연구 홍기훈 , 엄성현, 이승준*, 고은하*, 김새임* 고등기술연구원, *플라즈마텍	237
P1-30	이차전지 배터리 및 박판 용접부 건전성 확보를 위한 비접촉 공중 초음파(NAUT) 기술에 의한 검출 신호 평가 임성진 , 이광권, 원순호 대한검사기술(주), *한국재료연구원	238
P1-31	가스계 소화설비 질식·중독사고 예방 방안 정기혁, 이한희, 한우섭 한국산업안전보건공단 산업안전보건연구원	239
P1-32	프로판의 농도 불균일성에 따른 폭발특성 변화 한우섭 , 이한희, 정기혁 한국산업안전보건공단 산업안전보건연구원	240

포스터 발표.

포스터발표장(일출출)		2023년 5월 25일(목), 13:30-16:00	
		좌장 : 김의수(한국교통대학교)	page
P1-33	국내외 화학사고 DB 기반 사고빈도분석 유나린 , 한지윤*, 김이수, 이도경, 이근원** 아주대학교 환경공학과, *아주대학교 환경연구소, **아주대학교 환경안전공학과		241
P1-34	6시그마 분석을 통한 이차전지 배터리공정 안전사고 예방방안 연구 김우중 , 원오훈, 문명환 전남대학교 환경에너지공학과		242
P1-35	중소규모 화학물질 취급 사업장 디지털 전환을 위한 공정안전관리 시스템 개발에 대한 연구 양동현 , 안승효, 마병철* 전남대학교 화학공학부, *전남대학교 화학공학과		243
P1-36	N,N-Dimethylformamide(DMF) 저장탱크 파손에 의한 독성, 화재, 누출 등의 영향범위 산정과 사고대응에 관한 연구 원오훈 , 김우중, 문명환 전남대학교 화학공학과		244
P1-37	수소튜브트레이러 고압호스 체결너트 파단에 의한 사고사례에 관한 연구 남성현 , 김완구, 김대식, 김훈배, 모진영, 오현승 한국가스안전공사 사고조사부		245
P1-38	스퀴즈오프에 따른 PE배관의 기밀시험 및 손상평가 확인 서호성 , 이화영, 이재훈 한국가스안전공사 가스안전연구원		246
P1-39	CBM 저류층에서 메탄가스의 흡착 특성을 고려한 균열투과도 및 균열공극률 산출 연구 송차영 , 조성학, 강인구, 이정환* 전남대학교 에너지자원공학과		247
P1-40	국내 폐석탄광을 활용한 이산화탄소 지중저장 가능성 평가 한선이 , 노현영, 윤찬영, 이영수* 전북대학교		248

포스터 발표.

포스터발표장(일출출)		2023년 5월 25일(목), 13:30-16:00	
		좌장 : 김의수(한국교통대학교)	page
P1-41	An Investigation of the Corrosion Characteristics in the Oil & Gas Well Joseph Iranzi* , 손한암*, 권순일** 부경대학교, 동아대학교		249
P1-42	천연가스 생산기지 주요 설비 RCM 기반 유지보수 방법 검토 연구 김영완 , 김준호, 서승희*, 고재필 한국가스공사 가스연구원, *(주)ATG		250
P1-43	고압 LNG 2차펌프 샤프트의 건전성 평가 김철만 , 권순길, 최원목, 김영완, 정석영, 김준호, 고재필 한국가스공사 가스연구원		251
P1-44	멤브레인형 Closed Mock-up Tank 설계 및 제작 II 윤용근 , 오병택, 김영균, 김진호 한국가스공사 가스연구원		252
P1-45	LNG 저장탱크 대구경-고강도 강관말뚝 설계 지배인자 분석 이슬기 , 김준휘 한국가스공사 가스연구원 LNG기술연구소		253

A발표장

A-1	· 주제: 특별세션3. 온실가스 감축을 위한 천연가스 수소혼소 적용에 있어 관로 자재로서의 PE100, PA12의 역할 · 일시: 2023년 5월 25일(목), 13:00~15:00
A-2	· 주제: (비공개세션) 특별세션4. 액화수소 극저온 왕복동 펌프 개발 · 일시: 2023년 5월 25일(목), 15:20~17:40
A-3	· 주제: 일반세션4. 수소 및 신재생가스/정책 · 일시: 2023년 5월 26일(금), 09:00~12:20

천연가스 수소혼소 적용에 있어 관로소재로서의 PE100, PA12의 역할

신지호

BANK GROUP - (주)폴리텍, 성공을 만드는 (주)파이프뱅크

Role of PE100 and PA12 as a pipeline material for delivering natural-gas and hydrogen mixture

Ji Ho. Shin

BANK GROUP - POLYTEC CO., LTD, . SUCESS MAKING PIPE BANK CO., LTD

요 약

지구온난화와 기후변화의 관리, 환경보호의 방안 중 하나로 청정 에너지인 수소를 활용하는 안은 오랫동안 논의되어 왔으나 상업적, 기술적 장벽들로 인해 그 실행에 어려움을 겪어 왔다. 하지만 부생수소의 용도 확대, 신재생 에너지원의 확장으로 인한 에너지 저장 수단으로서의 수소의 가치 증가, 이와 동반한 그린수소 생산단가의 점진적 하락, 연료전지 등의 수소 활용 기술 발달, 수소경제 인프라 확장 등 수소 경제의 전반적인 활성화로 인해 정부는 수소시대를 준비하기 위한 정책을 활발하게 추진하고 있다.

이러한 수소 적용 방안 중 하나로 최근 검증을 추진하고 있는 것이 천연가스에 수소를 혼합하여 기존에 설치된 관로망을 통해 사용자에게 공급하는 안이다. 하지만 현재 부설되어 있는 파이프의 상당수가 노후된 Steel관으로서 수소혼소 적용 시 ‘수소취성’등으로 인한 장기적인 배관 안정성 확보에 애로사항이 발생할 가능성이 제기되고 있다.

이에 당 사는 당 세션에서 현재 활발하게 사용되고 있는 PE80 가스관로외에 Steel관로를 대체하는 후보군으로서 PE100과 PA12를 수소혼소 실증 시 추가 검토 대상으로 제시하고, 해당 자재의 활용을 ‘표준화’, ‘혼입실증’, ‘발전용배관우선적용’, ‘안전성검증기술개발’, ‘안전기준제도화’, ‘배관연장’, ‘중-고압 배관’ 그리고 ‘기업경쟁력강화’의 측면에서 각 각 살펴보고 이에 대한 도시가스 업계 내 이해관계자들의 의견을 구하고자 한다.검증하였다.

도시가스용 배관 소재의 PE100 재료 적용을 위한 융착성능 연구

이화영, 서호성, 이재훈
한국가스안전공사 가스안전연구원

A Study on Fusion Performance for Application of PE100 Material to Piping Materials for City Gas

Hwa Young Lee, Ho seong Seo, Jae-hun Lee
Institute of Gas Safety R&D, Korea Gas Safety Corporation

요 약

현행 도시가스사업법에서는 사용압력 0.4MPa 이하에서는 고분자인 Poly Ethylene (PE) 소재의 배관을 매설용으로 사용할 수 있다. 국내에 도시가스가 보급된 이후로 PE 소재 중 PE80을 배관으로 이용해왔으나, 관련 업계에서는 PE 소재의 일종인 PE100을 가스용 배관 소재로 사용하고자 하는 의견이 대두되고 있다. 해당 소재의 경우, 국내에서 수도용 배관으로 주로 사용되고 있다. PE100의 가스 분야 도입을 결정하기 위해서는 가스에 대한 소재의 안전성 및 압력에 대한 배관성능 만족, 이해관계자의 의견수렴 등의 과정이 필요하다. 또한 탄소중립 실현의 일환으로 도시가스 배관 내 수소를 혼입하는 정부 계획이 발표됨에 따라 수소에 대한 고분자 배관의 안전성에 대한 충분한 검토가 필요한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 PE100의 도입에 대한 안전성을 검토하기 위해 PE100 소재에 대한 배관 및 배관 연결 방법인 융착에 대한 국제기준 조사 및 테스트를 시행하여 성능을 검토하고자 한다.

수소 파이프라인을 위한 혁신적인 솔루션

유종식
EVONIK KOREA

Innovative Solution for Hydrogen Pipeline

Jong Sik. Yoo
EVONIK KOREA

요 약

Evonik은 독일에 본사를 둔 특수화학분야의 Global leader로서 고기능성 엔지니어링 플라스틱(High Performance Polymer)을 생산, 공급하는 Global 기업이다. 2022년 기준 전 세계 27개 국가에서 3만4천명의 임직원들과 함께 185억 유로의 매출을 일구어 냈으며, 년 간 4.6억 유로 (약 6,700억 원)의 R&D 투자를 통해 전 세계적으로 2만 4천건의 특허를 보유하고 있다.

이러한 Evonik의 고기능성 폴리머들은 다양한 영역에서 사용되고 있으며, On-shore와 Off-shore를 망라하는 석유 및 가스 채집, 운송 분야 또한 Evonik의 폴리머가 사용되는 주요 영역들이다.

현재 세계적으로 활성화되고 있는 수소는 그 저장과 수송에 있어 천연가스과 같은 기존의 에너지 자원과 비교하여 고려해야 할 사항이 많은 편이며, 특히 가장 경제적인 이송 수단인 파이프라인 적용에 있어서 적절한 위험 관리가 요구되는 바, 수소 이송에 적합한 관 중의 선택이 요구되고 있다.

Steel 재질의 범용 파이프들이 ‘수소취성’의 영향으로 인해 수소 이송용 자재로서 취약성을 드러내고 있는 상황에서, 수소분야에 응용도가 높은 EVONIK의 VESTAMID®NRG PA12 폴리머를 당 세션을 통해 소개하고 현재 한국에서 추진 중에 있는 “수소혼소” 실증에 있어 중,고압 노후 Steel 관의 훌륭한 대체재가 될 수 있는 PA12를 추가함으로써 2026년 수소 혼소 상용화에 기여 할 수 있는 방안을 세션에 참여하는 청중들과의 소통을 통해 찾아보려 한다.

70MPa, 100kg/h급 극저온 왕복동 펌프에 관한 연구

안병철^{*,**}, 함영복^{*}, 박중호^{*}, 김현세^{*}, 김홍욱^{*}, 문선영^{*},
유화룡^{*}, 최병일^{*}, 허필우^{*}, 김정철^{*,**}

^{*}한국기계연구원, ^{**}과학기술연합대학원대학교

A study on 70MPa and 100kg/h Class Cryogenic Reciprocating Pump

Byeung-Cheol An^{*,**}, Young-Bog Ham^{*}, Jung-Ho Park^{*}, Hyunse Kim^{*},
Hong-Uk Kim, Sunyoung Moon^{*}, Hwalong You^{*}, Byung-il Choi^{*},
Pil Woo Heo^{*}, Jungchul Kim^{*,**}

^{*}Korea Institute of Machinery and Materials, ^{**}University of Science and Technology

요 약

액체질소 토출용 극저온 고압 왕복동 펌프는 80K급의 극저온 온도, 70MPa급의 고압 환경에서 구동되는 극한 기계이다. 따라서 펌프를 중심으로 하여 저압의 upstream, 고압의 downstream, 그리고 펌프를 담는 용기인 cryostat으로 구분한 시스템 설계가 필요하다. 우선 모든 배관 라인에 고압가스안전관리법을 충족시키기 위한 압력안전밸브가 설치되었다. 극저온 배관에는 단열을 위한 이중 진공배관이 적용되었다. 배관 소재로는 극저온에서 사용가능한 SUS304를 주로 적용하였고, 일부 고압 라인에는 보다 고강도의 SUS316L을 적용하였다. 압력 센서의 경우, 파스칼의 법칙에 의해 별도의 극저온용 압력센서는 불필요하여 각 배관의 압력에 맞는 센서를 선정하였다. 온도 센서의 경우 극저온용이며 가벼운 산화, 환원 진공, 불활성이며 습기가 있어도 사용 가능한 T타입을 선정하였다. 유량의 경우, LN2 공급탱크의 무게를 측정하여 유입 유량을 파악하고, 극저온 70MPa급 고압 유량계를 통해 토출 유량을 파악하였다. Cryostat에 정전용량식, 차압식, 온도방식 액체질소 level 측정기술이 적용되었다. 또한 Cryostat은 펌프의 흡입 압력에 영향을 미치기 때문에 압력을 높이기 위한 Gas라인과, 압력을 낮추기 위한 vent 라인이 적용되었다. Downstream에는 고압 극저온용 기자재는 수급이 어려워, 전열 잠수식 70MPa급 기화기를 설치하여 상온 고압배관을 적용하였다. 최대 90MPa까지 사용가능한 Relief valve를 배관 끝단에 설치하여 downstream의 최대 압력을 통제하였다. 이를 통해 80K, 70MPa, 100kg/h급 극저온 고압 왕복동 펌프 실험을 위한 시스템을 설계하였다.

사사 : 이 논문은 2021년도 정부(산업통상자원부)의 재원으로 한국에너지기술평가원의 지원을 받아 수행된 연구임(20203010040020, 액화수소 충전소용 100 kg/h, 90MPa급 극저온 왕복동 펌프 개발)

**액화수소 충전소용 100 kg/h, 90 MPa급
극저온 왕복동 펌프 설계 및 제작**

김외한, 심규철, 이기봉, 김재영, 김동찬
광신기계공업(주) 콤프레샤시스템연구소

**Design and Manufacture of 100 kg/h, 90 MPa
Cryogenic Reciprocating Pump for Liquid Hydrogen Refueling
Stations**

WeoHan Kim, KyuChul Sim, GiBong Lee, JaeYoung Kim, DongChan Kim
Kwangshin Machine Ind. Co., Ltd. System Research Institute

요 약

탄소중립 목표를 달성하기 위해 수소 충전 인프라(수소 충전소, 수소 차량 등)에 대한 지원 확대가 진행되고 있지만 기체수소에 대한 저장량의 한계, 이송 비용에 대한 경제성과 같은 문제점도 대두되고 있다.

이를 해결하기 위해 액화수소를 이용하는 방안이 제시되었다. 액화수소는 기체수소를 -253°C 의 극저온상태로 냉각해 액화한 수소로 기체수소에 비해 적은 부피를 가지기 때문에 기존의 기체수소의 대량 운송 시 발생하는 이송 및 저장 문제를 해결할 수 있어 환경적·경제적으로 좋은 방안이라 할 수 있다. 하지만 액화수소를 압축한 뒤 기화기를 통해 저장용기에 저장한 후 차량에 수소가스를 충전하는 수소 충전소에서 사용하기 위해서는 액화수소를 압축할 수 있는 극저온 압축기에 대한 기술 개발이 필요한 상황이다.

이러한 상황에 맞추어 본 기관에서는 액화수소 충전소용 100 kg/h, 90 MPa급 극저온 왕복동 펌프설계 및 제작기술 개발을 목표로 연구를 진행하고 있다. 왕복동 펌프 설계를 통해 시작품 제작을 완료하였으며, 액체수소에 대한 저장용기, 안전변 등과 같은 규제에 의해 자체 시운전 시 액체질소를 이용하여 테스트를 진행하였다. 토출 압력 35MPa 도달 후 유량, 펌핑온도, 단위소비전력, 흡입챔버압력, BOR, 운전 소음을 측정하여 시험결과보고서를 작성하였다.

향후 한국기계연구원의 극저온기계기술시험인증센터에서 시험장비를 활용하여 액화수소를 활용한 성능시험 및 운전 데이터 수집 및 분석을 수행할 예정이다.

본 연구는 산업통상자원부(MOTIE)와 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다. (No. 20203010040020)

공급 액체의 과냉도에 따른 극저온 피스톤펌프의 성능 변화

김경중, 배준혁, 정상권
한국과학기술원

Performance change of cryogenic piston pump according to subcooling degree of supplied liquid

Kyoung Joong Kim, Junhyuk Bae, Sangkwon Jeong
Korea Advanced Institute of Science and Technology

요 약

본 논문은 고압 피스톤 펌프의 성능에 공급 액체의 과냉도와 토출 압력이 미치는 영향을 다룬다. 실험실 규모의 극저온 액체 펌프를 제작하고 액체 질소를 사용하여 실험을 진행하였으며, 공급 액체의 과냉도 변화가 펌프 성능에 미치는 중요한 영향을 관찰했다. 실험실 규모의 펌프는 최대 30 bar의 토출 압력과 한 주기당 최대 45.4 g의 토출 질량을 달성한다. 본 논문에서는 펌프 성능을 측정하는 토출 질량의 듀티 사이클 개념을 제시한다. 실험 결과, 토출 압력은 펌프의 토출 질량과 듀티 사이클에 거의 영향을 주지 않는다. 하지만 과냉도가 증가함에 따라 토출 질량과 듀티 사이클이 증가하여 펌프 성능이 향상됨을 보여준다. 이러한 경향을 보이는 이유는 실험 변수에 따른 극저온 액체 펌프의 흡입 과정에서의 공동현상 때문이다. 증발하기 쉬운 극저온 액체는 흡입 과정에서 쉽게 증발하면 공동현상을 일으키는데, 공동현상은 토출 압력과 무관하고, 과냉도의 영향을 직접적으로 받는다. 일반적으로 과냉도가 증가할 수록 액체는 증발하기 어려워지며, 이러한 경향은 펌프의 흡입 과정에서 공동현상을 줄이고 펌프의 성능을 향상시키는 결과를 가져온다. 과냉도가 클수록 펌프의 성능은 향상되지만 그 성능 향상은 과냉도가 증가함에 따라 선형적이지 않으며, 펌프의 성능 증가 정도는 감소한다. 따라서, 극저온 액체용 고압펌프의 설계에서는, 과냉도를 유발하는데 요구되는 비용과 과냉도에 의한 펌프의 성능 향상이 가져오는 이점을 저울질 하여, 설계자가 구상하는 시스템에 맞게 최적의 과냉도를 선택해야 할 것이다.

사 사

이 논문은 2023년도 정부(산업통상자원부)의 재원으로 한국에너지기술평가원의 지원을 받아 수행된 연구임(20203010040020, 액화수소 충전소용 100 kg/h, 90MPa급 극저온 왕복동 펌프 개발)

액화수소 충전용 극저온 왕복동 펌프의 성능평가 및 안전기준 적용 분석

류영돈, 김대현

한국가스안전공사 가스안전연구원 에너지안전실증연구센터

Analysis of Cryogenic reciprocating pump Performance evaluation and Safety standard application for Liquid hydrogen filling

Youngdon Ryou, Dae Hyeon Kim
Korea Gas Safety Corporation

요 약

향후 수소충전소는 수소전기차, 수소버스 등의 대용량의 수소 충전이 확대될 것으로 예상됨에 따라 충전 효율이 높은 액화수소 기반의 수소충전소 구축이 전망되고 있다. 또한, 액화수소를 사용할 시 수소충전소 설치 부지의 축소가 가능하기 때문에 도심지 내에 수소활용에 높은 효율성이 기대된다. 액화수소는 영하 253℃이하로 냉각시켰을 때, 기체 수소 대비 800분의 1수준으로 저장밀도가 높고, 충전 시간도 기체수소보다 4배 빨라, 수소 활용성이 향상될 수 있다. 하지만, 이러한 액화수소를 사용하기 위해서는 액체수소를 기체수소로 충전하는 기술이 필요하며, 본 연구에서 개발하는 펌프가 중요한 설비가 될 것으로 예상된다.

해외의 일부 국가는 액화수소 충전에 필요한 왕복동 펌프 개발이 활발히 진행되었다. 전 세계에 액화수소가 적용되고 활성화될 시점에 대비하여, 국내에서도 액화수소 충전용 펌프가 국산화를 진행하고 있다. 본 연구를 통해서 국내에는 광신기계공업에서 액화수소 충전용 왕복동 펌프를 개발을 진행하고 있다. 이에 KGS에서는 액화수소 펌프 개발을 위해 성능평가 및 안전기준을 제시하고자 한다.

본 연구에서 KGS는 액화수소 충전용 왕복동 펌프의 시작품에 적용 가능한 성능평가 및 안전 기준을 제안하고자 한다. 성능평가 기준은 액화수소 펌프의 저장탱크-고압펌프-고압기화기-고압기체 수소저장탱크를 거치는 과정의 공급시스템을 평가할 수 있어야 한다. 또한, 안전기준은 극저온의 액화수소를 안전하게 충전하고 다루기 위한 가이드라인을 포함해야 한다. 하지만, 현재까지 개발된 극저온 펌프 관련 기준은 대부분 액화질소(-193℃)와 액화산소(-183℃)를 중심으로 작성되었기 때문에 가연성 가스이면서 극초저온인 액화수소(-253℃)에 적용하기엔 다소 무리가 있으며, 국내의 적용 가능한 기준이나 실증 실험 결과들은 부족한 실정이다.

이에 기존의 초저온 액화 산소, 질소 펌프 관련 해외 기준인 ISO24490과 EIGA 159와 액화수소와 관련된 국내·외 문헌 및 해외 실험자료를 바탕으로 액화수소 왕복동 펌프에 적용 가능한 기준들을 분석하고자 한다. 또한, 이를 바탕으로 국내 기업들의 액화수소 펌프 개발에 필요한 안전 가이드라인을 제시하고자 한다.

*본 연구는 산업통상자원부(MOTIE)와 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구과제입니다.(No. 20203010040020)

수소추진선의 연료준비실 내의 환기 특성에 관한 연구

류보림, 두응판앙, 정진원*, 송미경**, 강호근†

한국해양대학교, *한국조선해양기자재연구원, **한국해양교통안전공단

A Study on Ventilation Characteristics in Fuel Preparation Room of Hydrogen Fuelled Ship

Bo Rim Ryu, Phan Anh Duong, Jin Won Jung*, Mi Kyoung Song,
Ho Keun Kang†**

*Korea Maritime & Ocean University, *Korea Marine Equipment Research
Institute,*

**Korea Maritime Transportation Safety Authority*

요 약

전 세계적인 환경문제로 인해 해운 분야도 기후변화와 환경규제에 대응하기 위한 노력이 필요한 산업 분야 중 하나이다. 이를 위해 선박에서 발생하는 온실가스의 배출을 줄이기 위한 노력이 필요하고, 그 대안으로 저탄소 또는 무탄소 연료를 사용할 필요가 있다. 이러한 친환경 연료는 대부분 가스형태로 사용이 가능하고, 이러한 가스연료는 누출 사고 가능성이 있기 때문에 안전 대책이 반드시 필요하다.

이에 따라, 본 연구에서는 수소연료선박에서의 연료준비실 내의 통풍 및 환기 특성에 대한 연구를 수행하였다. 연료준비실 내의 환기 규정을 분석하고 가스 누출 시나리오를 개발하여 시뮬레이션을 수행하면서 데이터베이스를 구축하였다. 이를 통해 가스의 누출 위치, 배기 형태, 공기 흡입구 위치 등에 따른 공기조화설비의 영향을 비교분석하고자 하였다.

하지만 현재는 두 가지 종류의 천장 형상만을 고려한 것으로, 더욱 효율적인 설계 대안에 관한 연구가 필요하다. 또한, 연료준비실 내의 가스 누출에 의한 피해저감을 위해 다양한 환기시설과 방식에 대한 연구도 필요하다. 본 연구 결과는 관련 기업과 당국에서 보다 안전하고 환경친화적인 가스연료선박을 개발하고 운영하는 데 활용될 것으로 기대된다.

후 기

본 논문은 한국해양교통안전공단의 ‘23년도 자체연구개발과제인 “탱크로리를 통한 중·소형 LNG 추진선박의 LNG 병커링 시 안전구역(Safety Zone) 설정 기준 마련”의 연구비 지원을 받아 수행하였습니다. 본 논문은 부산광역시 및 (재)부산인재평생교육진흥원의 BB21플러스 사업으로 지원된 연구임.

액화수소 충전소 위험성 평가에 관한 연구

유은결, 김민아, 이경식, 강승규[†]
한국가스안전공사 가스안전연구원

A Study on the Risk Assessment of LH₂ Refueling Station

YU EUNGYEOL, KIM MINAH, LEE KYUNGSIK, KANG SEUNGKYU

*Institute of Gas Safety R&D, Korea Gas Safety Corporation
1390 Wonjung-ro, Maengdong-myeon, Eumseong-gun, Chungcheongbuk-do,
Korea*

요 약

효율적인 수소 인프라 확대를 위해 액화 형태의 수소 운송 및 저장이 제시되고 이를 상용화하기 위한 연구 및 실증 작업이 활발히 진행되고 있다. 액화 수소는 기체 수소 대비 운송비용이 약 68% 절감되고 충전소 저장용량 면에서 경제성이 우수하며 필요 부지 면적이 줄어들어 도심 접근성이 좋아진다.

이에 세계 각국은 다양한 액화수소 인프라의 확대 계획을 추진 중이다. 미국, 유럽, 일본은 액화수소 충전소가 이미 상용화되어 운영 중이고 한국도 2023년 12월까지 액화수소 충전소를 준공하여 실증 운전에 돌입할 예정이며 ‘수소 산업 생태계 경쟁력 강화 방안’에 따라 25년까지 40기를 구축하는 것이 목표이다. 이러한 상황에도 현재까지 액화수소 충전소에 관한 안전기준이 제도화되지 않은 실정이라 이를 구체화하기 위한 연구가 필요하다. 그중 위험성 평가 단계는 충전소에서 발생할 수 있는 사고를 예방하고 대응하여 액화수소 충전소의 안전성 확보에 필수적인 역할을 한다.

본 연구에서는 국내 액화수소 충전소의 안정적인 구축 및 운영을 위하여 안전기준 마련 및 제도화에 바탕이 되는 위험성 평가를 진행하고 그에 관한 결과를 소개하고자 한다.

[†]Corresponding author : skkang@kgs.or.kr

Acknowledgement : 본 연구는 산업통상자원부(MOTIE) 및 한국에너지기술평가원(KETEP)의 2022년 산업기술혁신사업 지원으로 수행되었습니다. (No.20227310100010, 액화수소 충전소 구축 연계 안전성 평가/실증 및 안전기준 개발)

수소충전 시스템에서의 수소 누출에 따른 안전 영향 분석에 관한 연구

김부승, 한규진, 조총희†
한국가스안전공사 가스안전연구원

A Study on the Analysis of Safety Effects of Hydrogen Leakage in Hydrogen Refueling System

Boo-Seung Kim, Kyu-Jin Han, Choong-Hee Cho†
*Institute of Gas Safety R&D, Korea Gas Safety Corporation, Republic of
Korea*

요 약

한국의 수소 사회로의 전환은 굉장히 속도감있게 이루어 지고 있다. 정부의 수소 경제 활성화 로드맵('19.1), 수소경제 표준화 로드맵('19.4) 발표 이후 생산, 저장, 운송, 활용 등 전 주기 기술 개발에 박차를 가하고 있다. 이후 20년 1월에 세계 최초로 수소법을 통과시키며 수소선진국으로의 도약을 시도하고 있다. 이러한 수소사회의 급격한 전환이 이루어지는 가운데 그 안전성에 대한 의문은 항상 대두되어 왔다.

수소의 무게당 에너지 밀도는 휘발유의 4배, 천연가스의 3배, 리튬이온 배터리의 100배가량 크기 때문에 운송 수단의 연료로서 굉장히 큰 강점을 가지고 있다. 하지만 수소의 최소점화에너지(MIE)는 0.011mJ 수준으로 프로판(0.25mJ), 부탄(0.25mJ)의 두배 이상 적은 값을 나타낸다. 이러한 수소가 충전시설에서 누출이 되었을 시, 어떤 피해가 일어날 수 있을지 미리 예측하고 안전대책을 강구해 두는 것은 매우 중요하다.

본 연구에서는 수소 충전 시스템에서 수소의 대규모 누출이 일어났을 상황을 가정하여 누출에 의한 점화, 폭발, 과압발생 등의 피해영향을 파악하고자 한다. 결과적으로 수소충전시 발생할 수 있는 위험의 허용범위를 확인하고 추가적으로 요구되는 안전조치 사항들을 강구하여 우리나라의 수소안전에 기여하고자 한다.

Acknowledgment : 본 연구는 산업통상자원부(MOTIE) 및 한국에너지기술평가원(KETEP)의 2020년 산업기술혁신사업 지원으로 수행되었습니다.(No.202003010040010, 수소전기차 다차종 동시충전을 위한 광역수소충전소 핵심기술 개발)

Corresponding author : jch1128@kgs.or.kr

OpenFOAM을 이용한 액화수소 비등현상 수치해석

강형석, 김상민, 최근상, 김종태
한국원자력연구원 지능형사고대응연구부

Numerical Analysis for a Boiling Phenomenon of Liquid Hydrogen Using
OpenFOAM

Hyung-Seok Kang, Sang-Min Kim, Keun-Sang Choi, Jongtae Kim
*Intelligent Accident Mitigation Research Division, Korea Atomic Energy
Research Institute*

요 약

수소에너지의 안전한 사용을 위해서 “수소충전소 화재폭발 시 피해저감을 위한 방호벽 설계기술 및 안전기준 개발” 연구가 산업통상자원부의 후원과 한국가스안전공사 에너지안전실증연구센터의 주도로 진행되고 있다. 본 연구과제의 초기결과 중의 하나로 액화수소충전소에서 발생할 수 있는 최악의 사고시나리오가 국외 사고사례와 연구결과를 바탕으로 결정론적 방법에 근거하여 개발되었다. 그 시나리오는 액화수소가 저장탱크의 파손으로 인해서 지표면으로 누출되어 Pool을 형성하고 열전달에 의해서 비등이 발생하여 기체수소로 변환되어 대기 중으로 확산된 후 증기운을 형성한 다음, 증기운에서 점화가 발생하여 화염이 대기에서 Pool로 전파되면서 순간적으로 폭발이 발생하는 것이다. 본 사고시나리오가 액화수소충전소에서 발생할 때 그 피해정도를 오픈소스 CFD(Computational Fluid Dynamics) 코드인 OpenFOAM을 사용하여 예측하는데 필요한 수치해석 모듈 개발연구가 현재 진행 중이다. 그 일환으로 액화수소 Pool에서 발생하는 비등현상의 물리적 특성을 이해하고, OpenFOAM에 내장된 비등모델의 적합성을 평가하기 위해서 단순한 2차원 개념문제를 선정하여 천이과정으로 1000 ms 동안 비등해석을 수행하였다. 본 해석을 위해서 한국원자력연구원에서 원자력발전소 중대사고현상을 모의하기 위해서 개발한 Solver인 tryChtMultiRegionTwoPhaseEulerFoam을 사용하였고, 액체수소와 기체수소 사이의 상변환을 모의하기 위해서는 thermalPhaseChangeTwoPhaseSystem을 적용하였다. 개념문제 해석결과에 의하면, 액체수소가 가열되는 고체벽면에 적용되는 비등면벽함수 모델에 액체수소 특성에 적합한 열속 상관식과 모델상수를 적용하면 충분히 해석이 가능한 것으로 나타났다. 그러나 기체영역에서 수소와 공기의 혼합기체가 존재하는 경우에는 OpenFOAM 해석이 잘 수렴되지 않았기 때문에 이에 대한 해결책이 강구되어야 할 것으로 판단된다.

본 연구는 한국에너지기술평가원과 한국산업기술평가관리원의 연구비 지원으로 수행되었습니다 (예기평 과제번호: 20215810100020, 산기평 과제번호: 20017640).

수소 전주기 안전관리를 위한 국제협력 현황 및 분석

한주연

한국가스안전공사 수소안전정책처

Current Status and Analysis of International Cooperation for Safety Management of Hydrogen Life-cycle

Juyeon Han

Institute of Hydrogen Safety Engineering, Korea Gas Safety Corporation

요 약

본 연구는 국내 수소 전주기(생산□저장□운송□활용) 안전관리를 위한 수소 안전분야 국제협력의 현황과 그 특성에 대해 분석하였다. 최근 액화수소·수소혼입·암모니아 수소 추출 등 국내 수소관련 신산업이 급증함에 따라 수소 신산업분야에 대한 안전관리 필요성이 증가하고 있다. 이에 미국과 유럽 등 해외 수소 선진 국가와 기술·기준·문화 등 수소안전 분야 교류 협력을 통해 국내 실정에 맞는 안전관리 대책을 수립하고 수소연료의 대국민 수용성 증대 및 안전관리 강화에 기여하고자 한다.

본 연구는 산업통상자원부(MOTIE)와 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 “수소 전주기 통합 위험성평가 프로그램 및 액화수소 설비 안전기준 개발” 연구 과제로 이에 감사드립니다. (No.20215810100060)

천연가스 배관망 수소혼입 안전성 검증 기술개발 동향

문종삼

한국에너지기술평가원

Development of Hydrogen mixing Safety Verification Technology in natural gas Piping Network

JongSam Moon

Korea Institute of Energy Technology Evaluation and Planning

요 약

영국은 2017년부터 2021년까지 Keele 지역의 도시가스 사용 가정집 100개소 및 대학교내 30개 빌딩의 도시가스 공급 배관망에 수소를 20vol%까지 혼입하여 실증을 추진하였고, 2019년부터 2022년까지 Winlaton 지역 668가구에 대해 추가로 수소를 20vol%까지 혼입하여 실증을 통해 안전성 검증을 완료하였으며, 2차에 걸친 실증 결과 현재 사용하고 있는 연소기·가스기기 등 안전성에는 별다른 문제가 없는 것으로 확인 되었다.(HyDeploy 보고서, '21)

한편, 우리나라는 신정부 120대 국정과제 이행계획(22.7)과 제1차 수소경제 이행 기본계획(21.11)에 LNG 배관망에 수소혼입 실증을 거쳐 발전용 배관부터 수소를 본격 혼입하는 수소공급 확대 방안을 반영하였다. 이에 따라 산업통상자원부와 한국에너지기술평가원은 천연가스 배관망 수소혼입 안전성 검증 및 안전기술개발 사업 정부출연금 280억원을 확보하여 2023년4월부터 2026년 3월까지 도시가스 전주기(공급설비·배관망·연소기·가스기기 등)에 대해 수소혼입 비율을 5vol%에서 20vol%까지 4단계(5→10→15→20vol%) 실증을 통해 안전성을 검증하고 안전기준(KGS Code/KS 표준)을 마련하여 제도화 할 예정이다.

기술개발 핵심내용의 첫번째 과제는 도시가스 배관망 수소혼입시 배관의 크랙발생 등에 대한 수소취성 적합성 평가 및 배관의 잔존수명 예측 안전기술개발 및 실증을 추진하는 것이며, 성과물은 배관재료 수소취성 분석/평가 시험장치 4종(압력 0.1~10MPa), 도시가스 배관 수명예측/건전성 평가 프로그램(2종), 도시가스 PE배관 수소환경 평가/안전기준(1종) 수소혼입 배관재료 수소취성 설계 기술기준(KGS Code 8종) 등이다.

두 번째 과제는 도시가스 배관 및 연소기·가스기기 등 수소혼입 안전성 검증 및 실증을 위해 사업추진 방향, 성과도출 전략을 수립하고 수소혼입 Pilot설비 구축장소, 실증방법, 운영방향, R&D 종료 후 활용방안과 제도화 추진계획을 수립하여 체계적인 관리 및 성과를 극대화 하는 것이다.

세 번째 과제는 주택용·산업용 시설에 설치되어 있는 사용 연한이 5년~10년 이내의 연소기·가스기기 등 약 20여종을 수소혼입 사용환경에서 연소효율, 가스누출, 역화현상, 층분리 등의 실증시험을 통해 안전성을 검증하는 것이며, 성과물은 성능검사 시험장치 시제품(9종), 열량 민감 기기별 열 유동해석 프로그램(1종), 연소기/가스기기 등 제조·시설·검사기준(KGS Code 20종), 가스연소기/보일러 등 제조·시설·검사

기준(KS 표준 19종) 등이다.

네 번째 과제는 도시가스 공급·수소혼입 사용환경에서 핵심부품(정압기, 압력조정기, 가스호스, 배관이음관, 배관용 밸브, 가스용 콕 등)의 유량변동, 비금속 재료(고무, 테프론 등)의 수소침투 변형 등에 대한 실증시험을 통해 안전성을 검증하는 것이며, 성과물은 성능검증 시험장치(8종), 압력조정기/밸브 등 제조·시설·검사기준(KGS Code 17종), 가스계량기 기술기준(산업부 고시) 등이다.

다섯 번째 과제는 도시가스 배관망 전주기(LNG+수소 공급→배관→연소기) Pilot Test Bed를 구축하여 수소를 단계별(5→10→15→20vol%)로 혼입하여 안전성을 평가하고 연소기·가스기기·부품 등의 내구성을 검증하는 것이며, 성과물은 Pilot scale 시험 0.99Mpa*, 3Gcal/h급 Pilot scale 실증시험 시스템 구축과 도시가스 배관·정압기 등의 시설·기술·검사 기준(KGS Code 6종), 수소품질 안전기준(1종) 등이다. 향후 실제로 도시가스 배관망에 수소를 20Vol% 혼입할 경우 LNG분야 온실가스(CO₂)를 약 765톤/년(NDC 감축 목표량의 2.63%) 감축할 수 있을 것으로 예상된다.

그린메탄 활용 방안 : 일본가스업계를 중심으로

남궁윤

한국가스공사 경제경영연구소

The Utilization Plan of Green Methane : Focusing on the Japanese Gas Industry

Yoon Namgoong

Research Institute of Economics & Management, Korea Gas Corporation

요 약

그린메탄 또는 e-메탄은 기존 천연가스 배관망에 공급할 수 있는 메탄으로 사용하거나 해상연료 또는 수소 수송 운반체로 활용 가능하기 때문에 관심이 더욱 증대될 것으로 예상된다. 일본 가스업계는 가스 탄소중립 핵심 방안으로 2050년에 도시가스의 90%를 e-메탄으로 공급할 계획이다. 따라서 일본가스업계의 그린메탄 활용 계획을 포함하여 그린메탄 시장의 잠재력에 대해 보다 세부적으로 살펴보고자 하였다.

일본 도시가스사들은 2030년까지 가스판매량의 1%인 e-메탄을 도시가스배관망에 공급하고 2050년까지 90%로 확대하는 단계적 목표와 세부 이행 방안을 수립하여 실행해 나가고 있다. 또한 일본 가스업계는 해외 메타네이션 사업 최적지를 선정하고 해외 e-메탄 밸류체인 구축을 위해 타당성조사 사업을 구체화해나가고 있다.

유럽에서도 메타네이션에 의한 e-메탄 연료 실증사업이 확대되고 있는데 프랑스 가스 그리드 운영사인 GRTgaz는 ‘주피터 1000’이라는 프로젝트를 통해 천연가스 배관망에 e-메탄을 공급하는 시범사업을 추진하고 있다.

한편 e-메탄 활용이 증대될 것으로 예상되는 부문은 천연가스차량과 LNG 연료 추진선의 연료로 쉽게 대체가 가능한 수송부문이다.

또 다른 e-메탄 활용 방안은 자국 수소생산량으로는 수소수요 목표를 충족할 수 없어 일부 다양한 형태로 수소를 해외에서 수입해야 하는 국가들이 수소 캐리어로서 채택할 수 있다는 것이다.

이와 같이 e-메탄을 활용하기 위해서는 기술개발을 통한 비용 인하가 주요 과제가 될 것이다. 현재는 e-메탄 제조비용이 높기 때문에 이를 낮추기 위해 메타네이션 설비의 고효율화와 공기 중에 있는 CO₂를 활용하는 기술 등 기술개발을 촉진하는 것이 중요하다. 특히 CO₂ 포집 및 활용 기술은 e-메탄 생산만이 아니라 블루수소 등 다양한 산업분야에서 적용될 수 있을 것으로 예상되기 때문에 대기 중 CO₂ 분리·회수 기술과 CO₂ 저장 및 활용 기술개발을 적극 추진해 나가야 할 것이다.

수소기술 표준화 기반구축을 위한 국제 정책동향

조윤진

한국가스안전공사 수소안전정책처

International Policy Trends for Establishing the Foundation for Standardization of Hydrogen Technology

YUNJIN JO

Korea Gas Safety Corporation Institute of Hydrogen Safety Technology

요 약

본 연구는 수소기술 표준화 기반구축을 위한 국제 정책동향을 파악·분석하였다. 최근 국·내외 수소 관련 신산업(액화수소, 암모니아, 수소혼입 등)이 확대됨에 따라 이를 속도감있게 추진하기 위한 수소 전주기(생산·저장·운송·활용)에 대한 정책이 발표되고 있다. 한국 및 일본의 정책과 수소관련 기준에 대한 동향을 파악·분석하고, 이를 바탕으로 수소기술 표준화 기반구축에 기여하고자 한다.

본 연구는 산업통상자원부(MOTIE) 국가기술표준원과 한국산업기술평가원(KEIT)의 지원을 받아 수행한 “수소 연료전지 기술 국제표준화 기반구축” 연구 과제입니다.(No. 20011745)

가스가격 급등이 에너지기업에 미치는 영향

송형상

한국가스공사 경제경영연구소

Impact of Soaring Natural Gas Prices on Energy Corporations

Hyungsang Song

KOGAS, Research Institute of Economics & Management

요 약

본 연구에서는 최근 급등한 국제 천연가스가격이 해외 에너지기업에 미치는 영향을 분석하였다. 분석결과, 사업 밸류체인의 특성에 따라 천연가스가격이 에너지기업에 주는 영향에 차이를 보였다. 최종소비자에 에너지를 공급하는 에너지공급사업자는 도소매 천연가스가격 격차로 인해 파산에 직면하는 등 어려움을 겪었고, 이로 인해 최종소비자는 공급불안 및 업체변경 등의 피해를 입었다. 반면, 유·가스 상류자산을 보유하고 있는 에너지기업은 사상 최대치의 수익을 실현하는 것으로 나타났다. 사업 밸류체인에 따른 기업의 명암이 극명하게 대조되는 이와 같은 현상을 통해 자원부족국인 우리나라의 화석에너지와 신재생에너지 안보에 있어 일정부분 상류자산 확보를 통한 물리적인 헤징이 필요하다는 교훈을 얻을 수 있다.

국내 산업용 도시가스 가격탄력성 추정

이성로

한국가스공사 경제경영연구소

Estimation of Price Elasticity of Industrial Natural Gas Demand in Korea

Sungro Lee

Research Institute of Economics and Management in Korea Gas Corporation

요 약

본 연구는 국내 산업용 도시가스 수요의 가격탄력성 추정에 대해 살펴보았다. 산업용 도시가스 수요는 2014년 이후 급격히 늘어난 미국산 LPG 수입량으로 인해 기존의 중유와 경쟁관계에서 LPG와 가격경쟁 체계로 변화했다. 도시가스와 LPG 가격 모두 국제유가에 연동되는 구조를 갖고 있으나, 도시가스 가격의 유가반영 시차가 더 길기 때문에 국제유가의 상승 및 하락 시기에 따라 가격경쟁력이 변화하는 양상을 보인다. 이에 본고를 최근 산업용 도시가스 및 LPG의 가격경쟁상황을 살펴보고, 공적분모형을 이용하여 산업용 도시가스의 LPG 대비 상대가격의 가격탄력성을 추정하였다. 가격탄력성 추정치는 향후 소비량 변화를 분석하는데 유용한 도구로써 사용될 것으로 기대한다.

B발표장

B-1	· 주제: 특별세션1. 에너지전환을 향한 도시가스 산업 발전방향 · 일시: 2023년 5월 25일(목), 11:00~17:30
B-2	· 주제: 특별세션9. 에너지전환을 향한 도시가스 산업 발전방향 · 일시: 2023년 5월 26일(금), 09:00~12:30

국내 지속가능경영보고서 공시 현황 및 분석

최지안

한국도시가스협회

Domestic Sustainability Report Disclosure Status and Analysis

JiAn, Choi

Korea City Gas Association

요 약

전 세계적으로 비재무정보 공개에 대한 중요성이 커지고 있으며, ESG¹⁾ 정보공시 의무화가 추진되고 있다. 유럽은 2018년부터 공공의 이익 관련 규모가 큰 상장기업에 대해 주요 ESG 팩터에 대한 정고공개 의무화를 시행하고 있으며, 2025년부터는 공시대상 회사가 모든 상장사로 확대된다. 또한 영국도 2025년까지 모든 상장기업의 ESG 정보공시를 의무화한다. 이러한 흐름에 발맞춰 국내에서도 최근 한국거래소에서 ‘ESG 정보공개 가이드스’를 제정 발표하였다(‘21.01). 국내 ESG 논의는 연기금 중심의 책임투자 논의에서 기업들의 지배구조 및 지속가능경영사항 공시 논의로 확대되고 있다. 또한 현행 국내 ESG 관련 공시는 사업보고서, 지배구조 보고서 및 지속가능보고서 등을 통해 이뤄지고 있다. ESG 정보 공개 의무화가 단계적으로 시행됨에 따라 국내외 동향 및 공시 현황을 검토해보고, 나아가 도시가스업계 및 유틸리티업계의 비재무적정보 공개 동향 및 공시현황을 살펴본다.

Abstract - The importance of disclosing non-financial information is growing worldwide, and mandatory disclosure of ESG Environmental, Social and Governance, and environmental, social, and governance information, which are non-financial elements of companies, is being pursued. Since 2018, Europe has enforced mandatory disclosure of major ESG factors for listed companies with a large scale related to the public interest, and from 2025, the disclosure will be expanded to all listed companies. In addition, the UK also requires all listed companies to disclose ESG information by 2025. In line with this trend, the Korea Exchange recently established and announced the ‘ESG Information Disclosure Guidance’ in Korea (‘21.01). Domestic ESG discussions are expanding from pension fund-centered discussions on responsible investment to discussions on corporate governance and disclosure of sustainability management matters. In addition, current domestic ESG-related disclosures are made through business reports, governance reports, and sustainability reports. As ESG information disclosure obligations are implemented step by step, trends and disclosures at home and abroad will be reviewed, and non-financial information disclosure trends and disclosures in the urban gas and utility industries will be examined.

Keywords: Environmental, Social and Governance

1) Environmental, Social and Governance, 기업의 비재무적 요소인 환경·사회·지배구조

멀티 가스자동 차단 장치(도시가스, Co) 개발을 통한 사용시설 안전관리 고도화 방안 연구

김태강, 김동진, 손현익

(주)경동도시가스

Establishment of advanced plan for safety management of user facilities through development of multi-gas automatic shut-off device

Tae-Kang Kim, Dong-jin Kim, Hyun-Ik Son

KyungDong City Gas, Korea

요 약

2018년 12월 강원도 강릉 펜션 CO중독사고 이후 사회적 경각심이 고조되어 20년 8월 가스소비량 20만Kcal/h 이하의 보일러에 대한 CO경보기 설치가 의무화 되었으나, 여전히 CO누출 사고는 매년 지속되고 있다. 또한 설치되는 대다수가 저가형 CO검지기이기 때문에 사고예방 효과에 한계가 있다.

현재 대부분의 CO검지기는 누출 감지 시 단순히 경보음만 울릴 뿐 가스를 자동 차단하는 기능을 갖춘 제품은 없는 실정이다. 특히 규모가 큰 특정사용시설의 경우 보일러실이 안전관리자가 상주하는 사무공간과 떨어져 있는 경우가 많은데, 이 경우 CO 누출 상황을 안전관리자가 즉각 확인할 수 없어 초동 대처가 늦어지고 CO농도가 높아져 사고 발생 위험이 높아지는 문제점을 가지고 있다.

이에 기존 경보기의 한계를 개선하여 도시가스과 CO의 복합 검지, 차단, 통신 등의 알림 기능을 갖춘 멀티검지기 개발을 통해 가스 사고 예방 효과를 강화하고자 한다. 각각 다른 법적 기준에 따라 개발품은 가정용과 특정사용시설용의 두 가지 형태로 이원화하였으며, 가정용 멀티검지기의 경우 복합 기능을 수행하면서도 개발 비용과 제품 단가를 낮추기 위해 현재 산업부에서 추진 중인 가스 AMI사업과 연계한 경제성 높은 개발방안을 제시하였다. 가스 AMI사업의 보급 기기로 다기능안전계량기가 선정될 가능성이 높은 상황임을 고려하여 다기능계량기의 차단기능과 통신 기능을 활용, 별도의 가스차단장치나 통신 모듈 설치 없이 소기의 목적을 달성할 수 있는 개발 방안이다. 특정사용시설용 멀티검지기의 경우 검지부, 제어부, 차단부를 각각 구성하며 제어부에서 NB_iot 통신으로 알림 기능을 구현하는 방식이며, 가스 AMI사업 방향에 발맞춰 같은 통신프로토콜을 채택하여 AMI 플랫폼에서 통합 관리가 가능하도록 제품 개발이 추진된다. 이러한 안전관리 기능이 강화된 멀티검지기 개발을 통해 소비자의 선택권을 넓히고 실질적인 사고 예방에 기여하게 되었다.

Key words : CO poisoning accident, for family use, For specific use facilities, a multi-detector, NB_iot, Communication protocol, AMI Platform,

안전관리 DX화를 위한 메타버스 모델구축 연구

장창수, 김강래, 정해준, 엄병주, 정상훈
JB주식회사

A study on metaverse model construction for safety management Digital Transformation

Chang Soo, Chang, Kang Rae, Kim, Hae Jun, Jeong, Byeong Ju, Eom, Sang Hun, Jeong
JB Corporaion

요 약

메타버스는 가상공간에서 활동하는 디지털 플랫폼으로 코로나19로 비대면 활동이 늘어나면서 여러 분야에 적용되고 있습니다. 본 연구에서는 다양한 메타버스 플랫폼 중 게더타운(Gather Town)을 이용하여 안전관리 업무를 DX화하는 모델을 제시합니다. 게더타운은 커스터마이징과 소통 및 협업이 가능한 디지털 플랫폼으로, 가상공간에서 활동하며 작업을 수행할 수 있습니다. 이러한 게더타운의 특징을 활용하여 메타버스 내에서 안전관리 업무에 필요한 도구와 장비를 구현하고, 안전관리 교육 및 훈련을 위한 시나리오를 구성하였습니다. 가상 캐릭터를 통한 교육 및 훈련으로 안전관리에 대한 인식과 지식을 높이고, 실제 상황에서의 대처 능력을 향상시켰습니다. 본 연구의 결과는 메타버스가 안전관리 업무의 효율성과 효과성을 높일 수 있는 유용한 도구임을 입증하였으며, 앞으로도 다양한 분야에서의 메타버스 활용 가능성에 대해 탐구할 필요가 있다는 것을 시사하였습니다.

Abstract - Metaverse is a digital platform that allows activities in virtual space, and it is being applied in various fields as non-face-to-face activities have increased due to COVID-19. In this study, we propose a model to digitalize safety management tasks using Gather Town, one of the various metaverse platforms. Gather Town is a digital platform that allows customization, communication and collaboration, and enables users to perform tasks in virtual space. Using these features of Gather Town, we implemented tools and equipment necessary for safety management tasks within the metaverse, and constructed scenarios for safety management education and training. Through education and training with virtual characters, we increased awareness and knowledge of safety management, and improved coping skills in real situations. The results of this study proved that metaverse is a useful tool that can improve the efficiency and effectiveness of safety management tasks, and suggested that there is a need to explore the possibility of using metaverse in various fields in the future.

Keywords: Metaverse, Gather Town, Virtual Space, Safety Management

지능형 정압설비 모니터링 시스템 구축

최가진
CNCITY에너지

요 약

국내 도시가스 공급시설 노후화와 더불어 지진, 엘리뇨와 같은 이상기후에 공급시설에 대한 관리방법의 변화를 요구하고 있다. 현재 도시가스사의 정압설비 모니터링은 설비별 특성을 고려하지 않은 획일적 관리는 이러한 변화에 대응하기 어렵다. 지능형 정압설비 모니터링 시스템은 SCADA로 수집되는 대용량 데이터를 활용하여 공급설비의 이상상태를 신속히 예측, 진단할 수 있다. 또한 공급시설 이상발생 전 징후를 발견하여 선제적 대응으로 도시가스의 안정공급에 큰 역할을 할 것으로 기대된다.

Keyword : SCADA(Supervisory Control and Data Acquisition, 원격감시제어시스템), 모니터링, 예측

KPS 100A 차단장비 및 신형 PE배관 복원장비 소개

김철진, 김옥환, 전휘섭, 최정근
경남에너지(주)

KPS 100A Blocking Equipment And New PE Pipe Restoration Equipment

Cheoljin Kim, Okhwan Kim, Hweiseop Jeon, Jeongkeun Choi
KyungNam Energy Co., Ltd.

요 약

KPS(Kyungnamenergy Press rubber Stick) 100A 차단장비는 도시가스 배관의 차단작업에 있어 지장물로 인한 차단작업 불가 및 안전 차단거리를 확보하기 어려운 상황에 대응하기 위해 개발하였다. 안전한 차단거리 확보를 위해 추가적으로 터파기 작업을 진행하는 것은 공사비용으로나 업무효율성 측면에 리스크가 크다. 이를 개선하고자 기존 32A ~ 80A KPS방식의 장비를 100A 차단작업까지 확대하기 위해 연구개발을 진행하였다. KPS 100A 차단장비를 활용하여 기존 가스백으로 차단 시 안전 차단거리 1.5m ~ 2m 를 KPS방식으로 전환하여 1m 이내로 줄였으며, 중압 100A 차단헤드를 적용함에 따라, 강도와 안전성이 향상되어 중압까지 차단이 가능해졌다. 기존에 중압 100A 차단 시 사용하게 되는 유압방식의 장비는 고중량의 대형장비로 작업 시 업무절차가 복잡하였으나, 이번 KPS 100A 차단장비 개발에 따라 경량화, 소형화에 성공하였으며 그 형태 또한 단순하게 개선되어 업무효율을 상승시킬 수 있었다.

PE배관 차단작업 시 Squeeze Off를 활용하여 차단작업이 진행될 경우 복원작업을 진행하게 된다. ASTM 표준에 따라 배관 복원 시 기계적인 힘에 따른 빠른 복원은 PE 배관에 손상위험이 있어 금지된다. 이에 복원속도가 단계별로 조절이 가능함을 목표로 연구개발을 진행하였으며, 이와 더불어 경량화와 소형화에 대한 연구도 병행하였다. 기존에는 ‘110A Squeeze Off & 복원기’ 장비를 활용하여 복원하였으나 복합장비 특성상 부피가 크고 무거운 장비 체결에 어려움이 있었고, 이를 개선하고자 가벼운 C-Type 클램프 복원기를 고안하였으나 각 관경별 작업 시 각각의 장비가 필요한 문제점이 있었다. 신형 장비는 두 장비의 장점만 채택하여 개발된 장비로, 복원속도 조절이 가능하여 안전성을 확보하였고, 하나의 장비로 PE 63A ~ 110A까지 배관 복원이 가능하며, 기존 장비 대비 약 50%의 소형화 및 경량화에 성공하였다.

본 자료에서 신속하고 안전성이 높은 장비로 새롭게 개발된 KPS 100A 차단장비 및 신형 PE배관 복원장비를 소개하고자 한다.

PE배관 수소 공급시 PE융착부 안전성에 대한 영향분석 검토

서영태, 김병기, 손현익

(주)경동도시가스

Review of impact analysis on the safety of the PE fusion part when hydrogen is supplied to the PE pipe

Young-Tae Seo, Byung-Ki Kim, Hyun-Ik Son

KyungDong City Gas, Korea

요 약

2050 탄소중립 목표에 따라 청정에너지 수소의 생산, 유통, 활용 분야에서의 중요성이 점차 확대되어가고 있으며, 2022년 산업부에서 발표한 「도시가스에 수소혼입 실증 본격 추진」에 따르면 2026년까지 도시가스에 수소 최대 20% 혼입을 목표로 도시가스 배관의 수소 혼입에 대한 실증 사업을 진행 중에 있다. 도시가스 배관을 이용하면 수소 전용배관망이 갖춰지기 전에 수소혼입 가스를 효율적으로 공급하여 수소 경제 활성화를 손쉽게 이룰 수 있다.

하지만 수소의 독특한 특성으로 배관 및 설비의 재질에 따라 수소취성 등 부정적인 영향을 받을 수 있어 이에 대한 충분한 검토가 필요하다. 도시가스 배관의 약 50%의 비율을 차지하고 있는 PE배관은 금속과 수소가 만났을 때 일어나는 현상인 수소취성에서는 자유롭지만 매우 작은 수소 분자의 크기로 인한 융착부 수소 누출이나 재질 투과, 물성 변화 등의 잠재적 위험요소가 존재한다. 특히 수소가스는 비중과 밀도가 매우 작은 기체로 인화성과 확산성을 가지고 있어, 이러한 문제에 노출될 경우 수소가 산화제를 만나게 되었을 때 폭발가능성이 크기 때문에 수소 혼입에 대비해 특히 주의해야 한다. PE배관에서 가장 취약한 부위는 융착부로, 맞대기, 소켓, 새들 각 융착부와 재료 자체의 물성에 대한 수소의 영향을 분석할 필요가 있다.

이에 따라 본 과제에서는 PE배관 융착부의 물성 변화, 재질 투과, 수소 누출 방지 세 가지 방안에 대한 안전성을 논문연구 및 실증을 통해 분석하였다. 해외의 다양한 연구사례에서 PE 재질에 대한 수소 영향을 이해할 수 있었으며, 이를 참고하여 우리 실정에 맞게 실증 TEST를 함께 진행하였다. 그리고 융착부 이외 수소의 영향을 받을 수 있는 밸브, T/F 등 배관 부속품에 대해서도 검토하였으며, 본 연구를 통해 PE배관의 수소 혼입 시 안전성 확인 및 안전관리 방안을 검토하고 수소 관련 선제적 기술을 확보할 수 있었다.

Key worlds : Carbon neutrality, Hydrogen, intermingling, PE piping, molecule, Changes in physical properties, material penetration, leak, a fused part, PE Valve, T/F(transition fitting), Safety Management Plan

라인마크 설치 개선에 대한 고찰

김동수, 이정찬, 곽경섭
서울도시가스(주)

Consideration on Improving linemarker Installaton

Dong-Soo Kim, Jung-Chan Lee, Kyoung-Sub Kwak
SEOUL CITY GAS CO., LTD.

요약

본 연구는 지하에 매설된 가스배관의 위치 표시를 위해 사용하는 라인마크의 설치, 운용상의 개선방향 제시를 목적으로 한다.

라인마크는 KGS FP551 규정에 따라 설치하고 있으며, 상시 유지해야 하는 영구적인 표지지만, 잦은 유실로 인해 그 기능이 많이 상실되었고, 설치 및 유지보수 과정에서 필요한 위험작업의 중대재해 발생 가능성에 대한 문제점이 제기되고 있는 상황이다.

본 연구는 이러한 문제점에 대한 개선안을 도출하기 위해 도시가스 안전관리 선진화 추진 연구 실제 사례(도시가스협회)와 현장 조사, 외국의 라인마크 설치규정 등을 비교하여 분석하였다.

분석결과 라인마크는 도로상에 매설하는 금속제 핀 타입의 기존 방식을 주로 사용하고 있으며, 개선안으로 제시된 스티커, 네일 타입 등은 예스코 등 4개사에서 시험적으로 사용하고 있는 것으로 조사 되어, 개선안의 활용도는 아직 낮은 것으로 나타났다.

본 연구의 결과로 라인마크는 영구적인 표지라는 기존 개념을 넘어, 도로 사정에 따라 수시로 확인, 재설치 해야 하는 임시적인 표지이며, 굴착공사 시행 전 탐사 확인, 표시하는 유동적인 안전조치 개념으로 패러다임 전환이 필요하다는 결론에 이르렀다. 이러한 상황은 미국과 일본, 유럽 등 도시가스를 사용하는 대다수의 국가에서 공통적으로 사용하고 있는 스티커나 페인트 방식에서 확인할 수 있었다. 또한 앞으로 배관의 위치확인용 위성좌표 측정기술을 이용해, 중요 배관의 위치정보를 구축하고, 좌표추적 어플을 이용, 실시간 배관위치를 확인하며 작업을 시행하는 환경으로 안전관리의 수준을 발전시키는 방향으로 제언하고자 한다.

Abstract - The purpose of this study is to suggest improvement directions for the installation and operation of line markers used to indicate the location of gas pipelines buried underground.

The line marker is installed in accordance with KGS FP551 regulations, and it is a permanent marker that must be maintained at all times, but its function has been lost due to frequent loss, and there is a problem with the possibility of serious accidents during dangerous work required during installation and maintenance.

In order to derive improvement proposals for these problems, this research compares and analyzes actual cases of city gas safety management advancement promotion research (City Gas Association), field surveys, and foreign line mark installation regulations.

As a result of the analysis, linemarker mainly uses the existing method of metal pin type buried on the road, and it was investigated that the sticker and nail type proposed as an improvement plan are used simultaneously by 4 companies including YESCO, and the utilization of the improvement plan is still low.

As a result of this study, we came to the conclusion that the linemarker is a temporary sign that needs to be checked and re-installed from time to time beyond the existing concept of a permanent sign, and a paradigm shift is needed to a flexible concept of safety measures that must be checked and installed before excavation work.

This situation is also a method commonly used in most countries that use city gas, such as the United States, Japan, and Europe.

In the future, we will use satellite coordinate measurement technology to confirm the position of pipes, build position information for important pipes, use a coordinate tracking application, check the real-time pipe position, and develop the level of safety management in an environment where work is carried out. It is the direction to we want to.

도시가스 T/B, L/B 감소 방안

이현종, 김주춘

(주)부산도시가스

City gas T/B L/B reduction plan research

Hyun Jong Lee, Joo Chun Kim

Busan City Gas. Co. Ltd

요 약

도로상 시설물 점검에 따른 점검자의 안전보건 Risk Hedge와 R&C 절감을 위해 노상 시설물 중 T/B(Test Box_전기방식 전위측정용 터미널)와 L/B(Locating Wire Box_배관탐사용 로케이팅와이어 터미널)를 줄일 수 있는 방안과 관리기법입니다.

(1) T/B 감소 방안

(가) 신설 T/B 설치 시 가능한 신규 밸브 박스 내 공동 설치

(나) 공급시설 정압기/조정기, 정류기, 배류기를 원격 T/B로 등재 후 제거 가능한

기존 T/B 추출(1,000m이내)

(다) 절연시설물을 T/B로 등재 후 거 가능한 기존 T/B 추출(500m이내)

(2) L/B 감소 방안

(가) 신설 PE 배관 설치 시 T/B 미설치(인근 인입관과 공급관의 로케이팅와이어를 연결하여 수요가 입상관의 인출선을 L/B로 사용)

(나) 기존 PE 배관의 공급관/인입관 Locating Wire 연결여부 조사후 연결된 인입관 주변의 제거 가능한 L/B 추출

(3) 제거 가능한 T/B, L/B 관리 방법

(가) 일괄 제거 시 비용 대비 실익이 크지 않으므로 ‘중지’개념을 도입하여 중지 대상으로 관리하며 노후/훼손에 따른 보수원인 발생 시 노상 철개 제거 후 관리대장에서 삭제

(나) 점검대상과 비대상의 구분을 위해 ‘중지’대상은 관리대장의 구분 항목을 별도 신설하고 GIS 도면에 별도의 심볼로 표기

스마트캠(Smart CAM)의 굴착공사 현장 활용

박준우
CNCITY에너지

요 약

최근 몇 년 이내 대규모(장기간) 오수관 공사의 동시다발적인 시행으로 인해 굴착공사 관리를 위한 인력 부족현상이 자주 발생하고 있는 바, 2021년 중구패트롤(팀)에서 스마트캠을 실험적으로 활용해 본 결과, 당장 스마트캠을 활용하여 원격입회를 시행할 순 없으나, 보조수단으로써는 활용가치가 있다고 판단하여, 2022년부터 전 구간(팀)에 배치(배포)하여 굴착공사 입회 보조수단으로써 역할을 충분히 수행하고 있으며, 향후 고정된 스마트캠 뿐만이 아닌 AR, 드론+캠 등 첨단기술을 활용한 굴착공사 원격입회의 기틀을 마련하고자 한다.

Keyword : 타공사관리, Smart Cam

원방감시시스템 고도화를 위한 Intelligent RTU 개발

장환석, 이동한
대성에너지(주)

Research and development of Intelligent RTU for advanced remote monitoring system

Jang Hwan-seok, Lee Dong-han
Korea City Gas Association

요 약

안전관리 선진화와 원격감시시스템의 효율화를 위해 다양한 산업환경에서 RTU(원격단말장치)를 도입하여 운영하고 있다. 도시가스 산업뿐만 아니라 수도, 전력 등 다양한 산업환경에서 사용되고 있으며, 각 산업에 맞도록 개발하여 운영 중이다. 도시가스사는 압력, 유량, 온도 등 가스공급에 필요한 정보를 실시간으로 관제하며, 이를 통해 안정적인 가스공급을 제공하고 있다.

본 논문에서는 과거 도시가스 공급 관련 데이터 취득만을 목적으로 개발하여 운영 하던 RTU를 벗어나, 가스 성분분석, 지진정보 등 다양한 정보를 취득하여 안전관리 체계 구축 및 기능확장을 갖춘 Intelligent RTU 개발에 대해 연구하고자 한다.

In order to advance safety management and improve the efficiency of the remote monitoring system, RTU (Remote Terminal Unit) has been introduced and operated in various industrial environments. It is used not only in the city gas industry but also in various industrial environments such as water supply and electricity, and is being developed and operated to suit each industry. City gas companies control information necessary for gas supply, such as pressure, flow rate, and temperature, in real time, and through this, provide stable gas supply.

In this paper, we intend to study the development of Intelligent RTU equipped with safety management system establishment and function expansion by acquiring various information such as gas component analysis and earthquake information, beyond the RTU developed and operated only for the purpose of acquiring data related to city gas supply in the past.

Key words : RTU, remote monitoring system, gas component analysis, safety management system

Clamping 형 guard pipe 개발

김태강, 이동기, 손현익

(주)경동도시가스

Developed clamping type guard pipe

Tae-Kang Kim, Dong-Ki Lee, Hyun-Ik Son

KyungDong City Gas, Korea

요 약

상수도, 하수도 등 도시가스 배관 주위에 굴착공사가 발생할 경우, 가스배관이 노출되어 타 시설물과의 이격거리 미유지 시 가스배관을 보호하기 위해 보호관, 이중관을 현장에서 직접 설치한다. 하지만 최초 도시가스 배관을 매설할 경우나 타시설물과의 법적 이격 거리가 충족되지 못한 상황 혹은 배관의 보호를 위해 보호시설을 설치하는 경우에는 보호관과 이중관의 설치가 용이하지만, 타굴착공사에 의해 보호시설을 설치할 경우 현장 시공에 어려움이 있다. 보호관이 아닌 보호관, 고무판을 사용할 경우 향후 굴착공사 시 배관 손상의 위험에 노출될 수 있고 현장에서 보호관 설치 시 제작 위험성 등 직접 설치에 어려움이 존재한다.

이러한 점을 개선하기 위해 보호관 설치기준, 클램프형 보호관 관련 특허 및 실용신안 조사, 기존 배관에 보호관 설치 시 애로사항 등을 참고하여 개발방안 아이디어를 도출하고 규격화된 보호관을 개발하였다.

제품을 개발하여 생산하기 위해 시제품 제작을 위한 모형제품 시뮬레이션, 상세 설계, 제작업체선정 및 벤치마킹, 시제품 분석 및 최종선정과 같은 순서로 진행하였다.

시제품으로 제작된 guard pipe는 현재 도법 KGS코드 권고 기준보다 강화된 SS400재료로 제작되어 인장하중 시험 결과 내구성에 이상없음을 확인하였다. 마지막으로 경제성 분석을 실시한 결과 현행 제품을 설치하는 경우보다 작업시간 감축과 저렴한 가격으로 경제성이 우수(기존 대비 34% 저렴)하며 현장 안전조치에 효율성이 클 것으로 확인되었다.

Key worlds : Protection of Piping, clamping type guard pipe, Model Product Simulation, Detailed Design, Manufacturer Selection and Benchmarking, earth pressure load, Structured into Polygons, Tensile load test, durability, economic feasibility, Safety measures

구조해석을 통한 도시가스 매설배관의 지진 영향 분석

조윤호, 최마리아, 양주안, 전상일, 전지훈
JB주식회사

Seismic Impact Analysis of Buried Citygas Pipes through Structural Analysis

Yoon Ho, Jo, Maria, Choi, Ju An, Yang, Sang Il, Jeon, Ji Hoon, Jeon
JB Corporaion

요 약

지진은 지하 구조물에 영향을 미치는 가장 중요한 재해 중 하나이다. 도시가스 지하 매설 배관은 지진 발생 시 구조물의 안전성 문제가 발생할 수 있다. 우리나라는 디지털 관측을 시작한 이래로 지진 발생 횟수가 꾸준히 증가하고 있다. 도시가스배관의 내진 설계 기준은 2008년에 KGS GC204 가스배관 내진설계 기준이 제정되었지만 이는 배관 설치 시 기준으로 지진 발생 시 배관의 영향을 추정하기는 어렵다. 본 연구에서는 국내에서 매설배관으로 주로 사용하고 있는 PE(폴리에틸렌)배관과 PLP(폴리에틸렌 피복강관) 배관을 대상으로 지진 발생 시 환경 및 배관의 변수에 따른 구조해석을 수행하였다. 본 연구는 CAE(Computer Aided Engineering)를 통해 배관을 모델링하고 지반에 변위를 발생시켜 가장 취약한 매설배관의 변수를 찾고자한다. 이 결과를 토대로 매설 도시가스배관의 취약지점을 유추하여 지진발생 시 매설배관의 특별점검에 활용하고자한다.

Abstract - Earthquakes are critical disasters affecting underground citygas pipelines, that may occur structural safety problems. In Korea, earthquake activites has steadily increased since digital observation began. As for the seismic design standard for citygas pipelines, the KGS GC204 Gas Pipeline Seismic Design Standard was enacted(2008), but seismic effects on pipelines cannot be estimated by this standard. Therefore, structural analysis was performed according to environmental and pipe variables for PE(polyethylene) and PLP(polyethylene coated steel) pipes, the mainly buried pipes in Korea. This study aims to find the most vulnerable variables by modeling the piping through CAE(Computer aided engineering) and generating displacement in the ground. We intend to infer the vulnerable points of citygas pipes to use them for special inspections in the event of an earthquake.

Keywords: Earthquake, CAE(Computeraided engineering), Vulnerable Point

공동주택 사용자공급관 연도별 부적합 추이와 대응

신석재

(주) 해양에너지

The trend and response of nonconformities in the user supply pipe of multi-family housing by year

Seok Jae, Shin

Haeyang Energy Co.

요 약

과거부터 현재까지 대한민국 공동주택의 수가 급격히 증가하면서 전국 수요가 수는 전체 주택 1881만 호 중 1473만 호(78.3%)에 이른다. 도시가스를 사용하는 세대는 82% 이상이며, 20년 이상 노후 공동주택은 50.2%이다. 건물 및 설비의 노후화로 밸브 및 배관의 부식, 가스 누출, 작동 불량 등의 다양한 부적합 사항이 지속적으로 발생하고 있다. 공동주택 사용자 공급관 부적합 문제는 건물의 노후도와 밀접한 관련이 있음을 시사한다.

공동주택 특성상, 협소한 부지에 많은 세대가 함께 생활하고 있다. 가스시설물에 대한 안전성 향상을 위해 노후도 별 부적합 모니터링이 필요하고 부적합을 사전 예방하기 위해서는 노후도에 따른 중점점검 표준화가 필요하다. 본 분석은 2003년~2021년 공동주택 사용시설 정기 및 자율검사 점검데이터를 바탕으로 조사한 공동주택 사용자 공급관 부적합 내용을 노후도에 따라 분류하여 주요 부적합 사례들을 살펴보았다. 분석 결과 20년차 이상 공동주택에서 부식과 밸브 작동불량 비중이 많았으며, 2022년 점검에 활용하여 공동주택 사용자공급관의 안전성과 신뢰성을 확보할 수 있었다.

이에 배관 설치년도 별 대응 방안을 소개하여 전국단위 노후 공동주택 시설 건전성 향상 제고를 한다.

Abstract - As the number of apartment houses in Korea has increased sharply from the past to the present, the number of demand houses nationwide has reached 14.73 million (78.3%) out of 18.81 million houses. More than 82% of households use urban gas, and 50.2% of apartment houses have been aged for more than 20 years. Due to the aging of buildings and facilities, various nonconformities such as corrosion of valves and pipes, gas leakage, and poor operation continue to occur. This suggests that the problem of nonconformity with the user supply pipe of apartment houses is

closely related to the aging of the building.

Due to the nature of apartment houses, many households live together on a small site. In order to improve the safety of gas facilities, it is necessary to monitor nonconformities for each old age, and to prevent nonconformities in advance, it is necessary to standardize key inspections according to the old age. This analysis examined major nonconformities by classifying the nonconformities of apartment user supply pipes surveyed based on regular and self-inspection inspection data of public housing facilities from 2003 to 2021. As a result of the analysis, the proportion of corrosion and valve malfunction in apartment houses for more than 20 years was high, and the safety and reliability of the user supply pipe of apartment houses were secured by using it for inspection in 2022.

Accordingly, measures for each year of pipe installation are introduced to improve the soundness of old apartment facilities nationwide.

Keywords: 사용자공급관, 공동주택, 노후도, User supply pipes, apartment houses, old roads

스마트안전관리 종합평가 제도 소개

이인황, 류종권, 최연욱
경남에너지(주)

Instruction of Smart Safety Management Comprehensive Evaluation System

Inhwang Lee, Jongkwon Ryu, Yeonwook Choi
KyungNam Energy Co., Ltd.

요 약

최근 기업활동에 친환경, 사회적 책임 경영, 지배구조 개선 등 투명 경영을 고려해야 지속 가능한 발전을 할 수 있다는 철학을 담고 있는 ESG(Environment, Social, Governance) 경영이 도시가스 업계에도 키워드로 부상하고 있으며, 투자자 및 고객의 요구에 따라 현재는 기업의 선택사항이 아닌 필수사항이 되었다. 이에, 경남에너지는 '22년부터 ESG 경영에 맞는 조직개편과 ESG 개념의 경영요소를 도시가스 안전관리 업무에 적용하고자 스마트안전관리 종합평가 제도를 구축하게 되었다.

회사의 안전관리 수준을 종합적으로 진단하여 명확한 수치로 표현할 수 있다면, 회사의 안전관리 수준을 향상하기 위한 업무 진행의 근거가 될 수 있고, 개선업무의 시행 시 확인되는 개선 효과도 수치로 쉽게 확인할 수 있으므로 지속적인 안전관리 수준 향상의 나침반이 될 수 있을 것이라는 생각이 스마트안전관리 종합평가 제도를 구축하게 된 동기이다.

경남에너지가 구축한 스마트안전관리 종합평가 제도는 시스템적인 요소, 시설투자 및 유지관리 요소, 안전관리자의 기술역량 요소, 경영자 및 임직원의 안전의식 수준 요소를 회사의 안전관리 수준을 나타내는 핵심적인 지표로 판단하여 4개의 요소를 종합 산출한 값을 수치화된 점수로 표현하도록 한 제도이다.

본 자료에서 스마트안전관리 종합평가 제도의 구성과 안전관리 수준의 수치화 방법 및 1년간의 제도운영 결과에 대해 소개하고자 한다.

탄소중립 정책 대응을 위한 도시가스 공급시설의 수소 공급 방안 검토

서영태, 김판상, 손현익

(주)경동도시가스

Review of hydrogen supply plan for city gas supply facilities to respond to carbon neutral policy

Young-Tae Seo, Pan-Sang Kim, Hyun-Ik Son

KyungDong City Gas, Korea

요 약

지구 온난화로 인한 기후변화에 대응하기 위해 2015년 파리 협정에서는 산업화 이전 대비 지구 평균온도 상승을 1.5℃로 억제하는 것을 목표로 하였고, 이를 위해 2050년까지 탄소 순배출량이 0이 되는 탄소중립 사회로의 전환이 필요하다. 국가 정책으로 선언된 2050 탄소중립 목표에 따라 정부에서는 도시가스 배관에 수소 혼입을 추진하여 연간 35만톤의 수요를 창출하고자 2026년까지 20% 혼입을 목표로 실증을 본격적으로 진행하고 있다.

하지만 도시가스 공급시설에 수소를 혼입하는 것은 다양한 문제를 야기하는데, 가장 핵심이 되는 것은 수소가 금속배관을 만났을 때 진행되는 수소취성의 문제이다. 수소취성은 아주 작은 크기의 수소 분자가 금속의 분자 사이로 침투하여 저장되면서 금속의 연성이 약화되어 조기에 균열, 파단이 일어나는 현상이다. 수소혼입에 따른 수소취성 발생 매커니즘은 아직 정립된 이론이 없으며 압력설, 흡착설, 격자설 등으로 연구가 되고 있으며, 수소취성에 대한 각종 논문에 따르면 취성 현상으로 인한 인장강도 및 항복강도의 감소는 없으나, 연신율의 현저한 감소 현상이 보고되었다. 또한 수소는 가볍고 분자의 크기가 매우 작은 특징을 가지고 있어 아주 작은 틈새로도 누출의 가능성이 있기 때문에, 도시가스의 공급시설을 활용하여 수소를 공급하는 문제는 다양한 각도에서의 검토가 필요하다.

이에 본 연구과제에서는 도시가스 공급시설의 수소 주입에 따른 도시가스 배관과 용접부의 수소취성 영향, 매물형 밸브와 정압기, 계량기의 수소 영향에 대해 이해하기 위해 현장에 직접 사용되는 부품을 활용하여 실증실험장을 구축하고 수소 주입 후의 영향을 확인하였고, 이로 인한 도시가스 공급시설에 수소를 공급할 경우의 방안에 대해 검토하고 다가올 수소 혼입의 미래에 선제적으로 대비할 수 있도록 하였다.

Key worlds : Global warming, Carbon neutrality, hydrogen incorporation, a metal pipe, hydrogen brittleness, elongation, City gas supply facilities, a welded part, buried valve, a gas stationary facility, meter, a demonstration experiment

수소 이용기기 개발동향 분석 및 시사점 연구

허두강, 최재학, 이한석
한국도시가스협회

Analyzing the development trend of hydrogen appliances and studying its implications

Doo Kang, Her, Jae Hak, Choi, Han Seok, Lee
Korea City Gas Association

요 약

수소는 탄소중립 달성을 위한 핵심수단으로서, IEA에서는 2050년 수소가 세계에너지의 10%를 차지할 것이며, 현재대비 6배 증가할 것으로 전망하고 있다. 특히 '22년 러·우 사태와 관련 유럽에서는 수소가 유럽 그린딜의 최우선 과제이고, 에너지 전환에서 핵심적인 역할을 수행해야 할 것으로, REPowerEU의 조속 시행이 필요함을 주장하고 있다.

영국을 중심으로 수소이용기기의 개발이 활발하게 이루어지고 있으며, 수소이용기기를 활용한 주택을 건설하여 이를 홍보하고 있다.

우리나라도 단계적으로 수소혼입을 거쳐 향후 수소전용 기기를 보급해야할 것으로, 해외의 수소이용기기 개발 동향을 연구하고 분석하여, 국내실정에 맞는 수소이용 기기 개발에 도움을 주고자 한다.

Abstract - Hydrogen is a key means to achieve carbon neutrality, and the IEA predicts that hydrogen will account for 10% of world energy in 2050, increasing six times compared to the present. The development of hydrogen-using devices is being actively carried out in the UK, and houses using hydrogen-using devices are being built and promoted. Korea(Republic of) will also need to supply hydrogen appliances in the future through hydrogen incorporation step by step. In this study, researching and analyzing trends in the development of hydrogen appliances overseas to help develop hydrogen appliances suitable for domestic conditions.

Keywords: Hydrogen, Hydrogen Appliances, Carbon neutral

도시가스 장기사용설비의 안전투자 촉진 제도개선 연구

정희용 · 김범수

한국도시가스협회

A Study on the Improvement of the Safety Investment Promotion System for Long-term City-gas Facilities

Hee-Yung Chung · Bum-Su Kim

Korea City Gas Association

요 약

도시가스산업이 성숙화됨에 따라 도시가스 공급설비의 노후화가 진행되고 있으며, 이로 인한 잠재적 위험 요인도 증가하고 있다. 특히 도시가스 배관은 도심지역에 주로 매설되어 있어 사전에 가스사고 예방을 위해서는 선제적인 안전투자가 무엇보다 중요하다고 판단된다. 본 연구에서는 장기사용설비의 범위 설정 및 교체투자 지원 대상의 근거를 도출하였으며, 위험성평가를 통한 교체 우선순위를 선정하는 방안을 모색하였다. 동 연구 결과를 근거로 하여 별도 제도의 신설 없이 현행 가산투자보수 제도의 적용 대상을 안전투자까지 확대하는 방안으로 개선방안을 제시하고자 한다.

Abstract - As the city gas industry matures, city gas supply facilities are aging, and potential risk factors are increasing. In particular, city gas pipelines are mainly buried in urban areas, it is judged that preemptive safety investment is more important than anything else in order to prevent gas accidents in advance. In this study, the scope of long-term facilities was established and the grounds for replacement investment support were derived, and a plan to prioritize replacement through risk assessment was sought. Based on the results of this study, we would like to suggest an improvement plan by expanding the scope of application of the current plus investment reward system & return investment capital to safe investment without establishing a separate system.

Key words : long-term facilities, investment reward system, return investment capital, city gas

도시가스배관의 AC간섭 해소를 위한 연구

이도원

미래엔서해에너지

A Study on the Elimination of AC interference in City Gas Piping

Do Won Lee

Mirae'N SeohaeEnergy

요 약

도시가스 배관(중압 PLP) 매설 시, 도로 밖의 전기 송배전선과 근접하게 되는데 이는 송전선의 AC간섭으로 인한 작업자의 부상, 매설배관의 부식 등의 문제를 야기한다. 이러한 문제를 일으키는 지하배관의 AC유도 간섭 원인은 전도성 유도간섭, 유도성 유도간섭 두가지 요인으로 나뉜다. 두 요인 중 도시가스 배관은 22.9KV 배전선로와 도로에서 병행하여 매설되는 경우가 대부분이므로 장애요인은 전도성 유도간섭으로 보는 것이 타당하다. 전도성 유도간섭을 해결하기 위한 방법은 AC전류를 매설 배관에서 방출시켜주는 것이다. 접지를 통한 방출 과정에서 DC전류까지 방출되는 것을 차단하고 AC전류만 흐를 수 있는 장치(DC-DECOUPLER)를 사용해야 한다. 종전에는 고비용의 수입산 DC-DECOUPLER 장치를 사용하여 AC간섭을 완화해왔다. 이번 연구를 통해 저비용으로 콘덴서를 활용한 DC-DECOUPLER를 제작하여, AC간섭을 완화하는 성과를 이루었다. 위 연구는 AC간섭 구간에서 근로자의 안전을 확보하고, 관련 비용을 절감하는 역할을 할 것으로 기대된다.

When urban gas pipes (medium pressure PLP) are buried, they are close to electric transmission and distribution lines off the road, which causes problems such as worker injury and corrosion of buried pipes due to AC interference of the transmission line. The causes of AC-induced interference in underground pipes that cause this problem are divided into two factors: conductive induction interference and inductive induction interference. Among the two factors, urban gas pipes are mostly buried in parallel on 22.9KV distribution lines and roads, so it is reasonable to regard the obstacle as conductive induction interference. The method for solving conductive induction interference is to release the AC current from the buried pipe. A DC-DECOUPLER shall be used to block the discharge to DC current during the discharge process through ground and to allow only AC current to flow. Previously, high-cost imported DC-DECOUPLER devices have been used to alleviate AC interference. Through this study, DC-DECOUPLER using condenser was produced at low cost, and AC interference was alleviated. The above study is expected to play a role in securing workers' safety and reducing related costs in the AC interference section.

전위IoT Data 활용한 스마트 안전관리시스템 구축

장원진

(주) 예스코

Establishment of a Smart Safety Management System using Voltage IoT Data

Wonjin Jang

Yesco Co. , Ltd.

요 약

1980년 이후로 우리나라의 심장인 수도 서울(10개구), 경기도(5개 시,군)에 30년 이상 도시가스공급을 하고 있으나 타 공사로 인한 배관의 잦은 노출과 지하철에서 발생하는 전류로 인해 도시가스 배관이 매우 취약한 상태에 매설되어 있다.

따라서, 도시가스 배관의 건전성 향상을 위한 실시간으로 배관전위를 관제하기 위하여 배관의 말단지역, 장기사용배관, 배관안전점검원이 점검하기 위험한 지역 등에 현재 530여개의 IoT단말기를 설치하여 필요한 Data를 수집하고 각각의 Data에 대한 트렌드를 실시간으로 분석하여 이상발생 시, 알람 표시로 즉각 현장에 출동하여 조치가 가능하게 되었다.

또한, 점검위험지역 등에 설치된 IoT로 인해 점검이 육안검사로 간소화되어 측정 점검 시 안전사고에 대한 위험도가 감소하게 되었다.

전위IoT Data를 활용한 스마트 안전관리시스템 운영을 통하여 Steel배관의 안전성을 향상시키고, 선제적인 대응조치로 능동적인 안전관리 체계를 마련하였다.

앞으로도 사회적으로 안전관리에 대한 전반적 관심도가 높아진만큼 안전한 도시가스공급을 위하여 스마트 안전관리시스템을 지속적으로 고도화 및 AI를 활용한 시스템으로 나아가야 할 것이다.

Abstract - Since 1980, the heart of South Korea, Seoul (10 districts) and Gyeonggi Province (5 cities and counties), have been supplied with city gas for over 30 years. However, the gas pipelines are very vulnerable because they are buried in areas where frequent exposure to pipelines from other companies and current from subways occur.

Therefore, to improve the safety of city gas pipelines in real-time, 530 IoT devices have been installed in areas such as the end of the pipeline,

long-term use pipelines, and areas where safety inspectors are at risk to collect necessary data and analyze trends in real-time for each data.

When an abnormality occurs, an alarm is displayed, and immediate action can be taken on-site. In addition, due to the IoT installed in areas at risk of inspection, inspection has been simplified through visual inspection, reducing the risk of accidents during measurement and inspection.

Through the operation of a smart safety management system using voltage IoT data, the safety of steel pipelines has been improved, and a proactive safety management system has been established as a preemptive response.

As the overall social interest in safety management increases, it is necessary to continuously upgrade the smart safety management system and move towards an AI-based system for safe city gas supply in the future.

비개방형 구조물 내 도시가스 누출로 인한 사고의 정량적 위험성평가

문철환, 김종경, 유지훈, 안정식
JB주식회사

Quantitative Risk Assessment of Accidents Due to City Gas Leakage in Non-Open Structures

Chul Hwan, Mun, Jong Kyoung, Kim, Ji Hoon, Yu, Jung Sik, An
JB CORP, Korea

요 약

최근 사회적으로 안전에 대한 많은 관심과 노력에도 불구하고 지속적으로 사고가 발생하여 많은 사회적 손실을 야기시키고 있다. 도시가스는 사용이 편리하지만 취급 및 사용이 적절치 못할 경우 화재 및 폭발 사고가 발생할 수 있어 높은 수준의 안전 관리가 요구되어진다. 사고를 미연에 방지하기 위한 안전관리 활동은 물론 발생할 수 있는 사고에 대한 효과적인 대응방안을 마련하여 사고로 인한 피해를 최소화하기 위한 노력도 매우 중요하다. 본 논문은 비개방형 구조에서 발생할 수 있는 도시가스 화재 및 폭발 사고에 대한 정량적 위험성평가를 수행하였다. 도시가스의 화학적 특성과 비개방형 구조의 특성을 고려하여 누출로 인한 화재 및 폭발 사고 시나리오를 도출하고 사고 발생 시의 피해범위를 정량적으로 예측하였다. 본 연구 결과는 도시가스 안전관리업무를 수행함에 있어서 시민의 안전을 확보하기 위한 비상조치계획을 수립하고 안전성을 높이는데 도움이 될 것으로 기대된다.

Abstract - In recent years, despite much interest and effort in safety, accidents continue to occur, causing many social losses. City gas is convenient to use, but if it is not handled and used properly, fire and explosion accidents may occur, requiring a high level of safety management. In addition to safety management activities to prevent accidents in advance, efforts to minimize damage caused by accidents by preparing effective countermeasures against possible accidents are also very important. This paper conducted a quantitative risk assessment of city gas fires and explosion accidents that may occur in non-open structures. Considering the chemical characteristics of city gas and the characteristics of non-open structures, scenarios of fire and explosion accidents caused by leakage were derived, and the extent of damage in the event of an accident was quantitatively predicted. The results of this study are expected to help establish an emergency action plan to ensure the safety of citizens and increase safety in performing city gas safety management tasks.

Keywords: Risk assessment, City gas, Consequence analysis, Non-Open Structures

IoT단말기(공급압력 수집기) 자체개발을 통한 유지관리 비용 절감

김동신, 정용희
서울도시가스(주)

Reducing the maintenance costs through self-development of IOT device(supply pressure collector)

Kim Dong Shin, Jung Yong Hee
SEOUL CITY GAS CO., LTD.

요 약

도시가스는 현대화/ 과학화의 일환으로 시설물의 데이터를 IoT기술을 활용한 IoT단말기로 빅데이터 수집과 분석을 통해 기존 안전관리를 한층 더 효율적인 스마트안전관리로 전환하는 추세입니다.

그러나 단말기의 제작과 운영/유지관리를 IOT 전문업체에 의존하는 경우가 대부분이라고 생각한다. 특히 단말기제작에 있어서 적은 수량을 사용자 위주로 제작하기에는 많은 비용과 업체와의 의사전달에서 제작방향의 혼선등 많은 시행착고가 발생하기 마련이다.

또한 제작 후에는 유지관리는 제작업체에 종속되어 많은 비용의 유지관리비를 지출하여야 하고 제작업체중 영세업체일 경우 폐업으로 유지관리가 어려워 단말기는 폐기와 새로운 제품을 제작, 구매를 하여야 할 것이다.

이런 문제점과 개선을 위해 IoT단말기 자체개발과 제작비용 절감이라는 목표로 도시가스사별 사용하고 있는 IoT단말기 중 공급(관말)압력수집기라는 단말기를 자체개발 제작부터 현장설치 적용과 기대 효과등은 다음과 같다

1. 도시가스사별 공급(압력)수집기 시장조사
2. 모듈별 주요 부품과 비용
3. H/W설계 및 회로도
4. 펌웨어 코딩 및 실행 보완
5. 케이스 설계(Fusion360) 및 출력(3D프린트, 진공주형) 제작
6. 관말압력 웹 사이트 연동 운영
7. 기대효과(데이터 활용등)

위와 같이 개발을 통하여 회사는 적은 비용으로 다량의 단말기를 확보하고 다량의 단말기를 제작하여 광범위하게 적용함으로써 도시가스의 안정공급을 위해 고객과 소통하고 한층 더 높은 고객서비스와 자체 기술력을 토대로 현장에서 더 많은 IoT단말기를 개발적용하여 한층더 안전관리의 수준을 발전시키는 방향으로 제언하고자 한다

Summary

As a part of modernization/scientificization, city gas company is transforming existing safety management into more efficient way through IOT device(collecting and analyzing the data using IoT technology)

However, we usually depends on IOT specialized companies for the production and maintenance of IOT devices. In terms of development, It costs a lot to make a small quantity and occurs many errors caused by a communication problems

In addition, after production, maintenance is subordinate to the manufacturer(IOT specialized companies), and a large amount of maintenance costs must be spent. Futhermore, if the manufacturer is a small company, there's a high possibility of closing business and it can cause the cases where it may have to be newly manufactured or purchased

To improve this problem, IOT device is under development with the goal of reducing production costs through self-development. The expected effects of self-development/manufacture/installation of the IOT device (supply pressure collector) are as follows.

1. Market Survey of supply pressure collector among other Gas Companies
2. Investigate key components and costs for each module
3. H/W circuit design
4. Firmware coding and debugging
5. Design(fusion360 program) and production(3D print, vacuum mold) of external case
6. Website linked to data
7. Expected effect(data utilization, etc.)

Through the above self-development, the company can get a large number of devices at a low cost. Through the stable supply of city gas, we were able to communicate with customers and develop technology and higher customer service. And I would like to propose a way to further level of safety management by developing and manufacturing more IoT devices.

도시가스 에너지 데이터 기반 글로벌 에너지 위기 대응전략 강구

김동영, 허정*, 이수진**

한국도시가스협회

Developing a responding strategy for the global energy crisis based on the city gas energy data

Dong Yeong, Kim, Jung, Hur*, Su jin, Lee**

Korea City Gas Association

요 약

2022년 3월 발발한 러-우 전쟁으로 인해 전세계적으로 에너지 가격의 폭등으로 국내 뿐 아니라 다양한 국가에서 에너지 위기에 따른 대응 정책을 수립·발표한 바 있다. 특히, 에너지 수입의존도가 높은 우리나라는 최근 에너지 위기론이 단순히 일시적인 상황이 아니라 판단하여 산업계, 공공기관 및 전 수요처에 걸쳐 수요절감 즉, 효율화 정책 마련에 총력을 기울이고 있으며 효율 개선 사업, AMI 보급, 산업 현장 에너지 컨설팅 등의 실질적인 방안들을 함께 추진하고 있다. 이러한 국가 정책 흐름에 발맞춰 도시가스 업계에서도 AMI 보급, 플랫폼 구축 등을 추진 중에 있지만, 효율화 부분에 있어서는 구체적인 대응전략 등이 구비되지 않은 실정이다. 이에 본 연구에서는 에너지 위기가 상시화 될 것이라는 가정 하에 도시가스 에너지 데이터 활성화를 전제로 데이터 기반으로 저소비·고효율 정책을 지원할 수 있도록 기술적인 측면에서 산업의 대응전략을 연구를 통해 확인해보고자 한다.

Abstract - Due to Russia and Ukraine conflict broke out in March 2022, various countries as well as Korea have established and announced policies to respond to the global energy crisis. The government believes this crisis is not a temporary situation, they are concentrating their efforts on reducing demand side energy consumption as well. In order to support the government's policies and developing the strategy of city gas industry, lowering energy consumption and increasing energy efficiency by activating city gas data by far through this study.

Keywords: Data integration, Data utilization, Energy efficiency, Big data

2) 시장원리 기반 에너지수요효율화 종합대책, 관계부처 합동(2022.06)

수상드론 기술을 활용한 도시가스 하천횡단배관 배관 측량

류태형, 김성태, 백무경, 신영인
(주)부산도시가스

Utilizing Surface Drones for Measuring the Depth of Gas Pipelines Crossing Rivers

Tae Hyeong Ryu, Yeong in Shin, Sung tae Kim, Mu kyung Baek
Busan City Gas. Co. Ltd

요 약

KGS 코드에 따르면, 매년 1회 하천을 횡단하는 도시가스 배관의 심도를 측량하여야 한다. 그러나 기존의 측량 방법에서는 사람이 배를 타고 나가서 실시해야 하므로, 인력과 시간, 비용 면에서 부담스러운 작업이었다. 따라서, 본 연구에서는 수상드론 기술을 적용하여 도시가스 하천횡단배관의 측량을 수행하였다. 수상드론을 이용한 측량 방법은 기존의 방식보다 비용과 시간, 안전성 면에서 우수한 성능을 보여주었으며, 빠르고 정확한 측정 결과를 제공하였다. 또한, 수상드론 기술을 활용함으로써 인력을 절감하고 안전하게 작업을 수행할 수 있었다. 본 연구에서는 수상드론을 이용한 도시가스 하천횡단배관 측량의 효과성과 안정성을 실험적으로 검증하였으며, 그 결과 수상드론 기술을 활용한 측량 방법은 기존의 방식보다 우수한 성능을 보여줌으로써, 규정의 요구사항을 충족시키는 측량 방법으로서 큰 역할을 할 것으로 기대된다.

Synergi Gas Area Isolation Module(AIM)을 활용한 광주 지역의 비상 차단 시나리오 연구

임노현, 주경민, 이종수, 윤영우*, 유선일**
이노비아이솔루션(주), *(주)해양에너지, **DNV

Study of Emergency Isolation Scenario in Gwangju using Synergi Gas Area Isolation Module (AIM)

Lim No Hyun, Ju Kyung Min, Lee Jong Su, Yoon Young Woo*, Yoo Sun Il**
INNO-BI Solution, *Haeyang Energy, **DNV

요 약

도시가스사에서 진행 중인 기존 배관망 차단 해석은 배관망 운영 중에 발생할 수 있는 다양한 차단 시나리오들에 대해 GIS 프로그램을 활용하여 1차 차단 밸브, 2차 차단 밸브, 중단 수용가를 식별한 결과를 통해서 비상 대응 조치를 진행하는 것을 목적으로 하고 있다. 그렇기 때문에 차단 시나리오에 따른 배관망 압력 및 유량 등의 영향은 추가적인 배관망 해석을 진행해야 하므로 시간 및 인력이 추가적으로 투입되어야 합니다. 위와 같은 기존 GIS 차단 해석 방법에 대한 개선 방안으로 본 연구에서는 광주 지역 공급 유량의 각각 0.3 및 0.9% 정도를 차지하고 있는 수완동 946-1번지(시나리오 1) 및 치평동 1182-6번지(시나리오 2) 차단 시나리오를 선별하여 해양에너지의 배관망 해석 소프트웨어 Synergi Gas의 추가 기능인 AIM(Area Isolation Module)과 기존 GIS 차단 해석 방법에 대해서 광주 지역 도시가스 배관망 차단 해석 과정 및 결과에 대해서 상호 비교하였다.

도시가스는 복잡한 망상 구조로 되어 있어 차단 시나리오가 적용될 경우 공급 방향에 따라 압력 변화가 발생할 수 있기 때문에 이를 평가하는 것이 필수적이다. 이에 AIM은 도시가스사의 배관망이 차단되는 다양한 시나리오들을 분석하기 위한 모듈로서 1차 차단 밸브, 2차 차단 밸브, 중단 수용가 등에 대해서 식별 외에도 차단 시나리오가 적용된 배관망 유량 및 압력 결과의 원인 및 영향을 검토하는데 특화되어 있어 시간 및 인력을 효율적으로 운영할 수 있었다.

연구 결과를 통해서 Synergi Gas AIM과 기존 GIS 차단 해석 방법은 1차 차단 밸브, 2차 차단 밸브, 중단 지역에 대한 결과는 동일하게 나타났으며 추가적으로 차단 시나리오로 발생하는 배관망 유량 및 압력 영향을 동시에 평가할 수 있는 방법론을 제시하였다. 결과적으로 차단 지역 외의 배관망 수요처들에서도 차단 시나리오로 인해 시나리오 1과 2에 대해서 각각 전체 수요처 대비 3%의 수요처(압력 증가 2.9% 및 압력 감소 0.03%) 및 3.7%(압력 증가 1.6% 및 압력 감소 2.1%)의 수요처에서 압력 변화가 발생하는데, 공급 압력 감소 영향으로 배관망의 안정적인 공급에도 영향을 줄 수 있다는 것을 확인하였다.

AR(증강현실)을 활용한 도시가스 공급시설 관리방안

임병수

CNCITY에너지

요 약

AR(증강현실)은 3D 모델링된 사물을 실제 환경에서 보여지게 하는 기술이다. 이 기술을 활용하여 지하에 매설된 공급시설을 타공사 관리자에게 보여 줌으로써 원활한 현장소통을 통해 도시가스 시설의 안전관리를 도모하고, 초급 안전점검원에게는 도시가스 공급시설에 대한 이해도를 높여 휴먼에러를 줄일 수 있다. 향후 AR배관망(가칭)에서 현장감 있는 도시가스 공급시설 관리가 이루어질 것으로 기대된다.

Keyword : AR(Augmented Reality, 증강현실), 3D(Three Dimension, 3차원), 타공사관리

노점측정을 통한 도시가스 배관 내 수분유입 관리와 해결방안

이정현

미래엔서해에너지

Management and solution of water inflow into city gas pipes through Dew point measurement

Jeong Hyeon Lee

Mirae'N SeohaeEnergyt

요 약

도시가스는 일정한 품질관리 기준을 가지고 도매사업자에서 소매사업자(도시가스사)를 거쳐 수요처까지 공급되고 있으며, 도시가스를 공급하는 배관 계통에서 문제가 발생하지 않으면 수요처는 양질의 도시가스를 안전하게 이용할 수 있다. 하지만 도시가스 배관 내 수분 유입 사례가 보고되어 가스 공급 중단 등 문제점을 발생시키고 있다.

중압을 공급하는 도시가스배관과 달리 저압배관의 경우 배관 연결부 등에서 가스 누출 지점이 있다면 이 지점으로 토양 내 수분이 유입될 수 있다. 배관 내 가스가 방출되는 압력보다 배관 외부의 토압이 강하여 발생하는 현상으로 방치하였을 경우 지속적으로 수분 유입이 일어나는 것을 관찰할 수 있었다. 이렇게 유입된 수분은 비교적 온난한 하절기에는 큰 문제를 일으키지 않지만 동절기가 되어 물의 어는점 이하의 기온이 된다면 배관 내 수분이 응결되어 배관 막힘 현상으로 가스 공급 중단을 일으키는 원인이 되며, 배관으로 유입된 수분은 유입된 지점에서 멈춰 있지 않고 가스 흐름 또는 지형에 따라 같이 이동하여 원인이 되는 지점의 정확한 파악이 어렵다는 문제도 있다.

이를 해결하기 위해 노점계를 도입하여 수분 유입이 일어난 지점에서 수분측정 및 지속적 연구를 통하여 배관 내 유입된 수분의 움직임 및 도출된 데이터 값에 따른 수분 유입 정도를 확인하여 문제를 해결할 수 있었다. 또한, 기 공급 중인 가스배관의 기밀 확인, 신규 매설된 배관에 가스가 통입되기 전, 성분의 적절성 확인 등 안정적인 가스 공급을 위해 적용 범위를 확장할 수 있을 것이라 기대된다.

Abstract - City gas is supplied from wholesalers to retailers (city gas company) to consumers based on certain quality control standards. If there are no issues with the gas supply pipeline, consumers can use high-quality city gas safely. However, cases of water inflow into city gas pipelines have been reported, which can cause problems such as gas supply interruption. Unlike city gas pipes that supply medium pressure, in the case of low-pressure pipes, if there is a gas leakage point at a piping connection,

moisture in the soil may flow into this point. It was observed that the stronger earth pressure compared to pressure inside the pipe can cause continuous moisture inflow. Moisture inflowed in this way does not cause a big problem in the relatively warm summer season, but in the winter season, when the temperature is below the freezing point of water, the moisture in the pipe condenses and causes the gas supply to be stopped due to pipe blockage. There is also a problem that it is difficult to accurately identify the causative point because it does not stop at the leakage point and moves along with the gas flow or topography.

In order to solve this problem, a dew point meter was introduced to measure the moisture at the point where the water inflow occurred and conduct research to determine the movement of water flow in the pipelines and the degree of moisture inflow according to the derived data values. In addition, it is expected that the scope of application can be expanded for stable gas supply, such as checking the appropriateness of components, confidentiality check before gas supply into newly buried pipes.

Keywords: Interruption, Moisture inflow, Dew point meter

보일러 사용 패턴에 따른 누출점검용 가스계량기 누출 알람 신뢰도 개선 연구

양진두, 이승원, 최은일, 임성현
JB주식회사

A Study on the Improvement of Leak Alarm Reliability of Gas Meter for Leak Inspection according to Boiler Usage Pattern

Jin Doo, Yang, Seung Won, Lee, Eun Il, Choi, Sung Hyun, Lim
JB CORP, Korea

요 약

현재 도시가스 사용시설 중 은폐배관에 점검구를 대신하여 누출점검용 가스계량기를 사용하는 경우가 있다. 이 계량기가 설치되어 있는 일부 세대 중 실제 가스누출이 없는 환경에서 보일러의 특수한 사용 패턴에 따라 누출 알람 경보가 지속적으로 발생되었다. 실제 가스 누출을 감지하는 본연의 기능을 발휘하지 못하는 실정이다. 이러한 문제점에 착안하여 본 연구에서는 보일러의 특수한 가스 사용 패턴에 따라 누출점검용 가스계량기가 누출 알람을 발생시키는 조건을 분석하고, 실제 가스 누출이 있는 경우에만 계량기에서 알람을 발생할 수 있는 설정값을 모색해 보았다. 이를 통해 알람의 오작동으로 인한 시민의 가스 사용에 대한 불안감을 해소함과 동시에 누출되고 있는 가스를 포착할 수 있는 계량기 본연의 기능을 수행할 수 있도록 하고자 한다.

Abstract - Currently, among urban gas use facilities, a gas meter for leakage inspection is used instead of an inspection port in a concealed pipe. In some households where this meter is installed, leakage alarm alarms were continuously generated according to the special use pattern of the boiler in an environment where there was no actual gas leakage. It does not perform its original function of detecting actual gas leakage. Focusing on these problems, this study analyzed the conditions under which the gas meter for leakage inspection generates leakage alarms according to the special gas usage pattern of the boiler, and sought a set value that can generate the alarm only when there is an actual gas leak. Through this, it is intended to relieve citizens' anxiety about gas use due to malfunction of the alarm and to perform the original function of the meter capable of capturing the leaking gas.

Keywords: A Gas Meter for Leakage Inspection, Special Gas Usage Pattern, A Set Value

GIS 시스템을 활용한 스마트 현장 안전 관리

김태준, 정종진, 최다빈
대성청정에너지(주)

Smart site safety management connected with Web GIS data with Mobile GIS system

Tae Jun, Kim, Jong Jin, Jeong, Da Been, Choi
Daesung Clean Energy

요 약

최근 지역개발 및 공급확대로 가스시설은 세밀하고 복잡하게 형성되고 있다. 이에 따라 배관안전점검의 범위가 넓어지고 난해해지고 있어 숙련자도 배관안전점검이 점점 어려워지고 인적오류로 인한 미점검구간이 발생할 수 있다. 당사에서는 최근 Web GIS 고도화를 완료하였으며, 개발된 시스템을 바탕으로 모바일 GIS 시스템을 구축하려 한다. 모바일 GIS 시스템에서 도시가스 배관을 따라 순찰시 차량 진행 방향으로 모바일 GIS 화면이 회전되고, Web GIS에서 입력된 굴착 위치 및 위험 작업 구간의 등록 정보를 화면에 나타낸다. 그 위치를 음성으로 안내하여 보다 스마트하게 배관 안전관리를 진행할 수 있는 시스템 구축을 소개하려 한다. 이 시스템 활용을 통해 얻을 수 있는 효과 부분도 공유하여 보다 스마트한 도시가스 안전 관리 업무 발전에 기여 하고자 한다.

Abstract - Recently, gas facilities are being formed in detail and complexity due to regional development and supply expansion. As a result, the range of pipe safety inspection is widening and becoming more difficult, making it increasingly difficult for even skilled personnel to perform pipe safety inspection, and unchecked sections may occur due to human error. Our company has recently completed Web GIS advancement, and is trying to build a mobile GIS system based on the developed system. When patrolling along city gas pipelines in the mobile GIS system, the mobile GIS screen is rotated in the direction of vehicle moving and the excavation location and registration information of the dangerous work section input from the Web GIS are displayed on the screen. We would like to introduce a system construction that can guide the location by voice and proceed with smarter pipe safety management. By sharing the effects that can be obtained through using of this system, we intend to contribute to the development of smarter city gas safety management.

Keywords: Smart site safety management, Mobile GIS system

도시가스 배관에 대한 수소 혼합 가스의 영향 분석

김동연

영남에너지서비스(구미)

Analysis of The Impact of Hydrogen Blended Gas on City Gas Pipeline

Dongeon-Kim

Yeongnam Energy Service

요 약

최근 기후 변화와 환경 문제가 인류에게 직접적인 영향을 미치면서 에너지 전환의 필요성이 대두되고 있다. 이에 따라 수소가 친환경 에너지원으로 주목받고 있으며, 다양한 산업 분야에서 활용이 연구되고 있다. 특히, 수소를 도시가스 배관에 혼합하는 연구도 진행되고 있다. 수소가 도시가스 배관에 혼합될 경우, 수소 취성 발생 여부와 이로 인해 배관의 안전성에 영향을 끼치는지 확인해보는 것이 중요하다. 본 연구에서는 6년 동안 수소 20% 가스를 이송한 도시가스 배관(PLP)을 일부 채취하여 성분분석, 인장시험, SEM 관찰, 경도측정 등을 수행하였다. 분석 결과, 모든 실험에서 수소 취성 현상은 관찰되지 않았다. 이 연구 결과를 통해 수소혼입 안전성에 대하여 직접적인 정보를 제공하고, 도시가스 배관의 활용 가능성을 높이는 데 기여하고자 한다.

Recently, as climate change and environmental problems directly affect mankind, the need for energy conversion is emerging. Accordingly, hydrogen is attracting attention as an eco-friendly energy source, and its use in various industrial fields is being studied. In particular, blending hydrogen into city gas pipeline is also being studied. When hydrogen is blended into a city gas pipeline, it is important to check whether hydrogen embrittlement occurs and affects the safety of the pipeline. In this study, part of the city gas pipeline (PLP) that transported 20% hydrogen gas for 6 years was sampled and component analysis, tensile test, SEM(scanning electron microscopy), and hardness measurement were performed. As a result of the analysis, no hydrogen embrittlement was observed in all experiments. Through the results of this study, we intend to provide direct information on the safety of hydrogen blending and contribute to increasing the availability of city gas pipeline.

Key words : City gas pipeline, Natural Gas, Hydrogen blending, Hydrogen embrittlement

C발표장

C-1	<ul style="list-style-type: none">· 주제: 특별세션2. 친환경연료 화물계측기기 및 실증· 일시: 2023년 5월 25일(목), 10:00~12:00
C-2	<ul style="list-style-type: none">· 주제: 특별세션5. 탄소중립을 위한 수소제조· 일시: 2023년 5월 25일(목), 13:00~14:30
C-3	<ul style="list-style-type: none">· 주제: 특별세션6. 연구실 유형별 안전환경 표준가이드라인 개발· 일시: 2023년 5월 25일(목), 14:40~16:40
C-4	<ul style="list-style-type: none">· 주제: 일반세션5. 수소 생산/수소 활용· 일시: 2023년 5월 26일(금), 09:00~13:00

저탄소 및 탈탄소 연료를 선택적으로 사용할 수 있는 중소형 선박용 LFSS 개발

김경엽¹, 장동식¹, 김규천¹, 정순철¹, 조정규², 최재혁³
한라IMS(주), 한국선박기술, 한국해양대학교 기관시스템공학부

Development of LFSS for small and medium-sized ships for Low Carbon and Decarbonized Fuel

Kyung-Yup Kim · Dong-Sik Jang · Gyu-Chun Kim · Soon-Chul Jung · Jeong-Kyu Jo ·
Jae-Hyuk Choi

요약

산업혁명 이후 동력을 발생시킬 수 있는 기관(engine)이 발명되었고 이를 작동하기 위한 에너지원으로 화석연료가 폭발적으로 사용되기 시작되었고, 이에 따라 지구 온난화 현상이 가속화되고 있다. 국제 해사기구인 IMO에서는 선박으로부터의 대기 오염을 방지하기 위한 협약의 내용으로, 1997년 제 40차 MEPC회의에서는 2020년부터 선박의 선종 및 크기별 기준 대비 20% 2025년부터 30%의 이산화탄소를 저감해야 하는 내용을 포함하였다. 2018년 MEPC 72차 회의에서는 선박으로부터의 온실가스 감축 IMO 초기 전략을 채택하고, 2030년까지 탄소 집약도 최소 40% 감축(2008년 대비) 2050년 감축목표를 70%로 제안하였다. 본 연구에서는 친환경 연료로서 주목받고 있고 취급이 용이한 LPG를 연료로 하는 엔진의 연료공급장치를 개발하고자 한다. 연료공급장치의 구성은 Service Tank로부터 공급 유량과 압력 조건에 맞추어 연료를 공급하는 LP/HP 펌프, 연료의 공급 온도를 조절하는 열교환기(히터/쿨러), 연료 내 불순물을 걸러내는 필터, 그리고 엔진으로부터 재순환되는 연료에 포함된 기체와 액체를 분리하기 위한 Knock out drum으로 이루어진다. 상기 시스템 구성과 연료공급 조건을 토대로 수행한 설계는 공정모사 도구인 ASPEN HYSYS 12.1을 통해 정적 시뮬레이션을 통해 적정성을 검증하고 LPG의 물성과 유사한 탈탄소 연료인 암모니아 연료로의 전환을 고려한 설계를 접목함으로써 확장 가능성을 검토하고자 하였다.

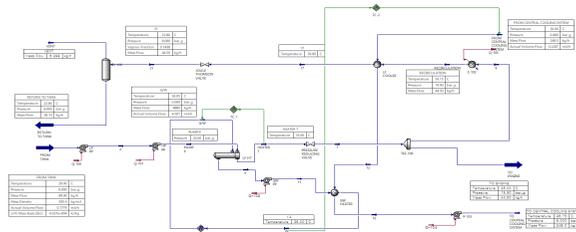


그림 1. LPG 연료엔진용 연료공급장치 시뮬레이션 모델(ASPEN HYSYS 12.1)

※ 본 연구는 중소벤처기업부와 중소기업기술정보진흥원의 중소기업기술혁신개발사업(강소기업100) 지원

LNG 화물측정 계측기기 개발

김주현, 천이환, 천광익, 성규환, 박종웅
한라IMS(주)

Development of LNG Cargo Measurement Instruments

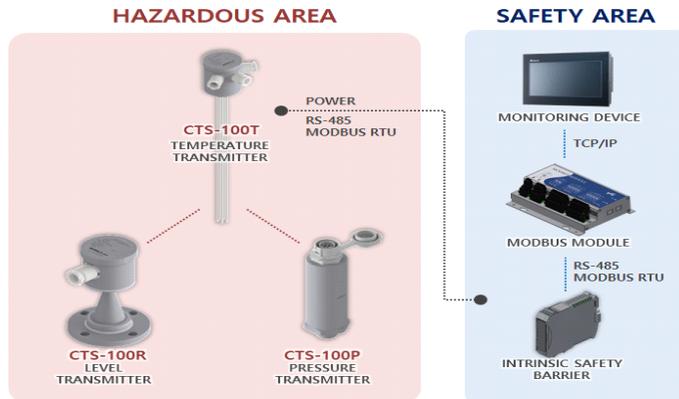
Ju-Hyun Kim, I-Hwan Cheon, Gwang-Ik Cheon, Gyu-Hwan Sung, Jong-Woong Park
HANLA IMS CO.,LTD.

요약

LNG 운반선이 터미널에 도착하여 LNG 화물을 선적/하역시 LNG 화물의 정확한 양을 측정하는 것이 화물 거래에 있어 매우 중요하다. 화물 거래에 필요한 정보를 얻기 위해 레벨, 온도, 압력 계측이 매우 정밀하게 이루어져야 하며, 각 계측기기는 선급 및 국제규격에서 요구하는 사항에 적합하게 개발이 되어야 한다.

본 개발품은 레벨, 온도, 압력을 측정하기 위한 제품으로 Radar type의 레벨 계측기기, LNG BOG(Boil off Gas) 및 LNG 화물의 온도를 측정하기 위한 온도 계측기기, 화물탱크의 압력을 측정하기 위한 압력 계측기기로 이루어져 있다.

LNG 화물측정 계측기기들은 LNG 탱크 내부 및 상부에 설치되어 폭발하기 쉬운 환경에서 놓이게 된다. 이러한 환경에서 폭발이 일어나지 않도록 국제방폭규격인 IEC60079에 따른 적합성을 인증 받아야 한다. 특히 IEC60079-0, IEC60079-11 규격에 따라 전압/전류의 제한으로 계측기기가 스파크, 발열 등이 발생하지 않도록 개발이 되어야 한다. 아래의 그림은 LNG 화물측정 계측기기 개발품 및 시스템 구성도이다.



본 연구는 산업통상자원부와 한국산업기술평가원의 소재부품기술개발사업으로 수행된 결과입니다. (과제번호 20013057)

LNG 화물측정 계측기기 실증기술 개발

신재웅, 정진원, 김수현, 김대환, 권순형
(재)한국조선해양기자재연구원

Development of demonstration technology for LNG measuring instrument

Jae-Woong Shin, Jin-Won Jung, Soo-Hyun Kim, Dae-Hwan Kim,
Soon-Hyeong Kwon
Korea Marine Equipment Research Institute

요약

본 연구의 목적은 LNG 선박제품의 필수 기자재인 LNG 화물측정 계측장치(LNG CTMS와 천연가스 유량계)의 실증기술을 개발 하는 것이다. 실증기술의 확보를 위해 수요처와 관련 기자재 기업 등이 본 연구에 참여 하였다.

실증기술 확보를 위해 첫째, LNG 육상 실증설비를 구축 중이다. 본 설비의 시스템 구성은 수요처와 관련 전문가의 의견을 바탕으로 하였으며, 정성적 위험도 분석(HAZOP)을 통해 안전성을 검증 하였다. 본 설비는 육상 KGS와 PSM의 규정에 맞게 설비를 구축 중이다. 둘째, 본 설비를 활용한 성능시험절차에 대한 국내표준 개발을 진행 중에 있다.

본 연구를 통해 국내 부재한 LNG 화물측정 계측기기의 실증기술을 확보하여 관련 기자재 산업의 국산화 및 원활한 시장진출이 예상된다.

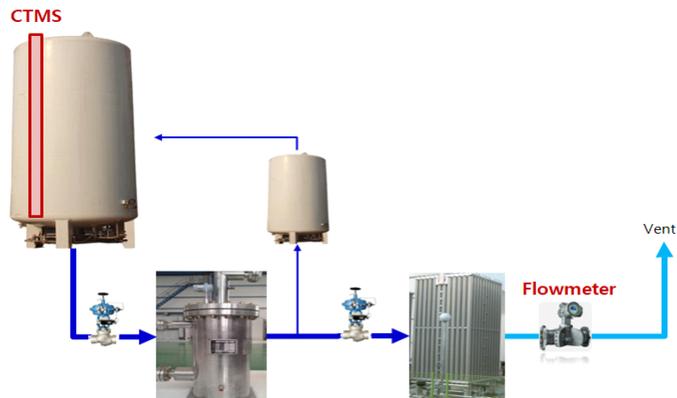


그림. LNG 육상실증설비 구성도

본 연구는 정부(산업통상자원부)의 재원으로 한국산업기술평가관리원의 지원을 받아 수행된 연구임(과제번호 20013268)

고정밀 LNG용 정전용량식 레벨계측장치 연구

이동현, 정종민*, 이체호*, 손원무*
한라IMS(주)

Research on high-accuracy capacitive level measuring device for LNG

Dong-Hyun Lee, Jong-Min Chung*, Chae-Ho Lee*, Won-Mu Son*
HANLA IMS CO.,LTD.

요약

본 개발 기술은 친환경 연료인 LNG의 안정적인 수송, 저장 및 사용을 위해 LNG 레벨 계측이 필요한 탱크에 적용 가능한 정전용량식 고정밀 레벨계측장치에 관한 연구이다.

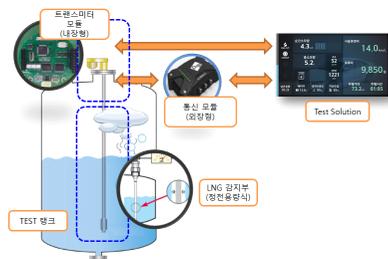
LNG 레벨 계측장치는 주로 LNG Carrier, LNG Terminal 등의 대형 탱크에서 Radar 방식 레벨트랜스미터를 적용하고 있으나 비용이 고가이며 약 1미터 이하 근거리 측정은 정확성 확보 등의 문제로 차량이나 소형 탱크 적용에 한계가 많은 상황이다.

또한 LNG 차량이나 육상용 탱크에서는 차압식을 적용하고 있으나 레벨 오차가 크고 고가이며, LNG 특성상 BOG 발생에 따른 기액간 압력차로 안정성 및 정확성이 떨어지므로 레벨측정방법에는 적합하지 않은 상황이다.

이에 따라 본 연구에서는 정밀하고 안정적인 LNG용 레벨계측장치를 구현하기 위해 탱크 내 초저온 상태 액위의 정확한 계측을 위한 감지부의 기구적 설계, 레벨·온도 정보를 실시간 모니터링 하는 트랜스미터 기술 그리고 계측된 데이터를 탱크 테이블에 의거한 용량산출 신호처리 연구를 진행하였다.

특히 가연성 화물을 계측해야 하므로 트랜스미터의 정상 또는 고장시 부품이 점화원이 되지 않도록 전기적 에너지를 점화에너지 이하로 차단하도록 설계하고 회로 및 부품의 개방 또는 단락 등에 의해 발생된 스파크와 이로 인한 부품의 과열이 폭발의 원인이 되지 않도록 IEC60079-0, IEC60079-11의 규격에 적합한 설계를 하였다.

아래의 그림은 본 개발의 구성도를 나타내었다.



본 연구는 한국가스공사 중소기업 기술개발 협력사업으로 수행된 결과입니다.
(제2020-지정-01호)

용융금속촉매 활용 천연가스 열분해 공정의 기술 경제성 분석

박진모, 김요한, 송택용, 김형식

한국가스공사 가스연구원

Techno-economic analysis of molten metal catalysts assisted natural gas decomposition process

Jinmo Park, Yo-Han Kim, Taekyong Song, Hyungsik Kim

Kogas Research institute

요 약

용융금속촉매를 활용한 천연가스의 열분해 기술은 종래의 고체 촉매를 활용한 천연가스 열분해 기술과 비교하여 상대적으로 탄소 제거가 용이하고 촉매의 비활성화 문제에서 자유롭다는 장점을 가지며, 플라즈마를 활용한 천연가스 열분해 기술 대비 고급 에너지인 전기 사용량이 적다는 장점을 가진다. 그러나 현재까지의 기술 수준으로는 아직 상용화 단계까지 도달하지 못하여 추가적인 기술 개발이 필요한 상황이다. 본 연구에서는 용융금속촉매 활용 천연가스 열분해 기술이 상용화 단계에 도달하였을 경우를 가정하여 개념 공정을 구상한 다음 이산화탄소 배출량 및 수소 생산 원가를 분석함으로써 해당 기술이 가진 경제적 잠재성을 확인하고자 한다.

3.3MW급 제주 그린수소 생산 플랜트 구축

윤주영, 윤석문, 김영운, 노상은
두산에너지빌리티

Installation of JEJU 3.3MW Green Hydrogen Production Plant

Juyoung Youn, Seokmoon Yoon, Youngwoon Kim, Sangeun Noh
Doosan Enerbility

요약

두산에너지빌리티는 제주 행원리에 제주에너지공사, 한국가스공사 등 산업부 국책과제 컨소시엄사들과 함께 3.3MW급 그린수소 생산 플랜트를 구축하였다. 본 플랜트는 제주 행원 풍력발전소의 전력을 활용하여 그린수소를 생산하며, 생산된 수소를 함덕에 위치할 수소버스 충전소에 그린수소를 공급하는 기술 및 사업모델을 가지고 있다.

금번 구축된 플랜트는 알카라인 수전해 2MW (국내제작), PEM 수전해 1MW (해외 제작), PEM 수전해 0.3MW (국내제작) 등의 하이브리드 수전해 시스템을 통해 풍력 생산 전력의 변동성 대응과 함께 시간당 660 Nm³, 60 kg의 수소 생산을 통한 안정적인 수소 공급 모델을 검증하게 되며, 특히 99.99% 이상의 고순도 정제설비, 200 barg 급 수소 가스 압축 설비 및 총 1.2 ton의 수소를 저장할 수 있는 4기의 수소 튜브트레이러를 도입함으로써 수소연료전지 자동차용 수소 공급에 대한 기술 모델을 검증하게 된다.

본 발표에서는 두산에너지빌리티가 담당한 플랜트 엔지니어링에 대한 전반적인 내용을 소개하며, 그린수소의 현재와 향후 전망, 국내 최초 MW급 그린수소 상용 플랜트 구축에 따른 다양한 시행착오 및 개선 방안 등에 대한 내용을 포함하였다.

대용량 액체수소 인수기지 기반기술 개발

박창원, 권용수, 이영범, 김동혁, 서흥석
한국가스공사 가스연구원 LNG기술연구소

Development of Generic Technology for Large Scale Liquefied Hydrogen Receiving Terminal

Changwon Park, Yongsoo Kwon, Yeongbeom Lee, Donghyuk Kim, Heungseok Seo

LNG Technology Research Division, KOGAS Research Institute, Korea Gas Corporation

요 약

전세계 에너지 산업은 온실가스 감축을 위한 기술개발에 집중하고 있으며, 이중 해결책으로 제시된 수소경제가 주목받고 있으며, 수소경제 달성을 위한 수소의 생산/저장/활용 기술에 대한 관심의 증가와 기술개발이 활발하게 이루어지고 있다. 우리나라는 2022년 수소경제위원회에서 수소경제 본격화를 대비하기 위한 3대 성장전략을 제시하였다. 규모의 성장(Scale up), 인프라/제도성장(Build up), 산업/기술의 성장(level up) 목표로 30년 10만톤(규모화), 액화수소 해외도입(인프라/제도성장) 비전을 제시하였다. 지리적 용이성이 높은 호주, 캐나다등의 재생에너지로부터 생산된 수소의 도입을 위한 액화 기술, 수송기술에 대한 개발이 착수 중이나, 국내 액화수소 공급을 위한 인수기지에 대한 개발은 부재한 상황이다. 특히 선박운송과 플랜트 기술 중심으로 해외 액화수소 연구 및 실증이 추진되고 있어 국내 액체수소 인수기지 인프라 및 건설기술의 개발이 필요하다. 기술개발이 필요함에 불구하고 국내 기술 및 연구 기술력은 미비한 상황이다. 일본은 가와사키 액화수소 인수기지를 설계, 건설을 마치고 실증 및 운영이 진행 중으로 기술을 선도하고 있다. 우리나라도 액체수소 인수기지에 대한 기술개발 시기를 놓치면 해외시장 진입 및 기술 우위의 기회를 놓치게 되므로 관련 기술개발이 절실히 필요하다.

본 연구에서는 대용량 수소인수기지 공정 컨셉을 설정하기 위해 이와 가장 유사한 기술인 LNG 인수기지의 공정 비교를 통해 수소인수기지 공정 컨셉 선정하였다. 주요 설비인 로딩암, 저장탱크, 펌프, 압축기, 기화기에 대한 핵심기술 및 선진기술 개발 현황을 제시함으로써 향후 대용량 수소인수기지 설계 및 건설을 위한 기초자료로 활용하고자 한다.

본 연구는 산업통상자원부/한국에너지기술평가원 에너지기술개발사업 ‘액체수소 운송 선박 핵심시스템(화물창, BOG 처리시스템, CHS시스템) 국산화 모델 개발 (20213030040460)’ 과제의 지원을 받아 작성 되었습니다 .

탄소중립을 위한 연소 배가스 CO₂ 포집 및 액화기술 개발

우경택, 김봉규, 소영석
한국가스공사 가스연구원 수소기술연구소

Development of combustion flue gas CO₂ capture and liquefaction technology for carbon neutrality

Kyung Taek Woo, Bonggyu Kim, Youngseok So
H2 Technology Research Division, KOGAS Research Institute, Korea Gas Corporation

요약

급격한 산업화에 따른 에너지 사용량의 증가로 대기 중 CO₂ 농도가 증가하여 기후 변화가 가속화되고 있다. 그 결과 심각한 자연재해가 발생하고 인명 및 재산상의 피해가 심화되고 있다. 이에 2015년 파리협정을 통해 지구의 평균기온 상승폭을 2°C에서 1.5°C 이하로 제한하기로 했고 각국에 온실가스 배출저감목표를 설정하기로 했다. 우리나라의 NDC 저감 목표는 2018년(7.27억 톤) 대비 2050년까지 37.5%로 설정했다. 2022년 10월 탄소중립녹색성장위원회에서 발표한 ‘탄소중립·녹색성장 비전과 추진전략’에 탄소포집·활용·저장기술(CCUS)이 포함되었고 ‘한국형 탄소중립 100대 핵심기술 리스트(안)’에도 17개의 대분류 가운데 CCUS가 포함되었다. CCUS를 수행하기 위해서는 CO₂ 포집이 선행되어야 하고 포집된 CO₂를 저장 혹은 활용해야 온실가스 배출 저감이 달성된다. CO₂ 포집은 배출처에 따라 연소 전, 연소 후, 순산소 연소 포집으로 이뤄져있고 배가스 포집은 연소 후 포집공정에 해당된다. CO₂ 포집기술로는 습식법, 건식법, 분리막법이 있다. 습식법은 고온에서 CO₂를 흡수하여 분리하는 기술이고 건식법은 고압에서 CO₂를 흡착하여 분리하는 기술이다. 분리막법은 기체의 분리막에 대한 투과속도 차이에 의해 분리하는 기술이다. 각 기술은 CO₂를 포집하는 메커니즘이 달라 적용처가 상이할 수 있고 배가스의 조건(배가스의 온도, 압력, 유량, 조성 등) 분석을 통해 CO₂ 포집기술을 선정할 수 있다. 외부요인으로는 배출처의 유희부지, 고도제한, 주민수용성 등이 있다.

본 발표에서는 온실가스 배출 저감에 대한 배경과 포집기술(습식법, 건식법, 분리막법)의 원리 및 장단점을 분석하였다. 또한 각 포집기술 별 기술 현황(적용처, 국내외 현황)을 조사하였고 포집기술 선정의 기준을 제시하였다.

최근의 융합연구와 부합하는 연구실 안전관리 추진

송영호, 김태수, 박갑동, 이근원, 김태옥, 김영만, 한호규
한국연구실안전전문가협의회

Promotion of Laboratory Safety Management in line with Recent Convergence Research

Youngho Song, Taesoo Kim, Gabdong Park, Gunwon Lee, Taeok Kim,
Youngman Kim, Hoh-Gyu Hahn
Korea Laboratory Safety Expert Association

요 약

최근 과학기술분야 연구개발 패러다임은 컴퓨터의 급속한 발달, 연구주체의 다양화, 실험 규모의 소형화 그리고 눈부신 생물학의 발달 등으로 변하고 있다. 예를 들면, lab-on-a chip 기술은 화학반응을 아주 미세한 공간 내에서 진행한다. 나노기술은 기존보다 월등히 작은 규모의 재료를 사용하여 여러 가지 유리한 결과를 가져오거나 기존에 불가능했던 문제를 풀어어나간다. 기존의 시간과 많은 경비를 필요로 하는 in vitro 및 in vivo 생물활성시험을 컴퓨터 기술의 도움을 받아 simulation에 의한 virtual screening으로 대체하려는 연구가 많이 수행되고 있다. 현상의 관찰과 발견에 머물렀던 기존의 생물학은 생명현상을 분자수준에서 이해하고 해석하려고 하는 분자생물학으로 발전하면서 타분야의 학문과 기술을 더하여 인간생명의 연장과 질병의 타파를 도모하고 있다. 이들 외에 많은 연구개발 내용을 살펴보면, 기존의 단일학문, 단일기술에 의한 연구를 탈피하여 다학제, 다학문, 다기술의 융복합 형태가 많다. 이러한 융복합연구는 학문을 선도적으로 이끄는 대학이나 출연(연)을 중심으로 수행되고 있으며 그 범위를 점점 넓혀가는 실정이다. 연구자들은 기존의 기술보다 업그레이드된 기술이나 새롭게 등장한 기술, 예를 들면, 레이저, 고압, 마이크로웨이브, 초임계 등을 연구개발에 적용 또는 활용함으로써 도전적인 연구를 꾀하고 있다. 이렇게 새로운 패러다임의 연구환경에 적절한 연구실의 안전환경조성은 실험실 현장에서 종사하는 연구자의 건강 및 안전을 도모하기 위해서는 선행되어야 한다.

본 연구에서는 최근 융복합연구의 형태를 출연(연) 각 연구실의 연구개발 수행내용으로부터 살펴보고, 이를 기반으로 안전관리의 관점에서 연구실 유형을 분류하고 이에 적합한 연구실 안전환경관리를 위한 표준가이드를 제시하고자 한다. 융복합연구를 수행하는 연구실의 현장의 샘플링을 통하여 연구활동종사자의 관점에서 연구활동에 부합하는 연구관리 추진에 관해 토의한다. 이와 더불어, 연구개발의 패러다임의 변화와 함께, 새로운 장비 및 대형연구장비의 사용이 증가하고 있어서 연구자의 건강과 안전을 도모함과 동시에 연구데이터의 신뢰성을 높이고 연구장비의 유지 관리를 위한 시설 및 특수환경 조건에 관하여 토의한다.

출연(연) 연구안전 직무 및 조직 개선에 관한 연구

송영호, 김영만, 김태수, 박갑동, 한호규, 김태욱
한국연구실안전전문가협회

A Study on the Improvement of Safety Job and Organization of Government-funded Research Institutions

Youngho Song, Youngman Kim, Taesoo Kim, Gabdong Park,
Hokyu Han, Taek Kim
Korea Laboratory Safety Expert Association

요 약

최근 과학기술분야 연구실 및 연구활동종사자의 규모는 증가 추세에 있으며, 각각 연구실은 81,346개, 연구활동종사자는 1,322,814명(2020년 기준)으로 집계되고 있다. 대학 및 국공립, 정부출연 연구기관의 경우 큰 변동은 없으나, 기업부설 연구소는 변화의 폭이 크며, 급속한 연구환경의 변화에 따라 연구실 안전을 위협하는 위험요소가 매우 다양화되고 이에 따라 연구실 사고는 지속적으로 발생하고 있다. (2020년 215건)

또한 2022년 1월 27일부터 시행되고 있는 중대재해처벌법은 강화된 안전경영 환경에 대비해 안전관리 방안을 수립하고, 산업재해 예방에 있으며, 그 목적은 안전·보건 조치의무를 위반하여 인명피해를 발생하게 한 사업주, 경영책임자, 공무원 및 법인의 처벌 등을 규정함으로써 중대재해를 예방하고 시민과 종사자의 생명과 신체를 보호하는데 있다. 중대재해처벌법이 제정·공포되어 재해 발생 시 최고경영자의 책임이 강화되는 등 안전관리의 중요성은 이전보다 훨씬 더 커지고 있어 출연(연)의 안전관리체계에 대한 전반적인 조직의 개편이 우선되어야 할 필요성이 있다.

본 연구에서는 NST 소속 25개 출연(연)을 대상으로 연구안전 관련 대내외 환경분석, 연구안전 직무/업무 체계(모형) 구축, 연구안전 조직 및 업무 수행 현황 분석, 연구안전 조직 및 업무 운영 개선 방안을 도출하였으며, 이 결과를 활용하여 과학기술계 출연(연)의 연구안전 관련 업무의 분류체계를 구축하여 보다 효과적인 연구안전 업무 수행을 위한 조직 운영 표준 모델 구축하고자 한다.

그 결과 중대재해처벌법 상 안전보건 전담조직 설치 대상 출연(연)의 경우 보직자 1명 포함 총 6명, 비설치 대상기관의 경우 보직자 1명 포함 4명으로 구성하는 것이 적합하다는 결론을 도출하였다. 또한 안전보건 전담조직의 경우 원장 또는 부원장 직속의 기구로서 설치하는 것이 안전보건활동의 추진력 및 실행력 확보에 도움이 될 것으로 판단된다.

연구실 안전환경 최적화를 위한 소요예산 추정 방법

이근원*, 김태옥, 송영호, 김영만, 한호규**, 김태수**

아주대학교 환경공학과, *아주대학교 환경안전공학과, ** (주)되고시스템

Budget Estimation Method for Lab Safety Environment Optimization

Keunwon Lee*, Taeok Kim*, Youngho Song*, Youngman Kim*, Hokyu Han*, and Taesu Kim**

Department of Environmental Engineering, Ajou University, Suwon city, Korea

**Korea Laboratory Safety Expert Association, Youngin city, Korea*

요 약

정부 출연연구기관의 실험실에서도 매년 크고 작은 연구실 사고가 발생되고 있다. 과학기술계 출연(연)의 융·복합 연구, 글로벌 협력 연구, 산학연 협력 연구 등의 패러다임 변화에 의한 연구유형의 다양화에 따른 연구실의 사고 위험성 또한 증가되고 있다. 그러나 국가과학기술연구회에 소속된 25개의 과학기술계 출연(연)은 과학기술의 고도화에 따라 다분야에서 다양한 첨단 소재, 재료, 물질, 기구, 장비 등을 취급하고 있으나, 연구실의 안전 확보를 위한 연구실 안전환경 관리는 미흡한 상태이다. 또한 출연(연)은 연구환경이 노후화되고 있고, 협소한 건물 공간에서 연구를 수행하는 등으로, 사고발생 가능성이 산업현장보다 오히려 높으며, 연구시설 구축 시 연구 최적화 및 안전한 연구환경 확보를 위하여 체계적인 환경안전 관리가 선제적으로 필요하다. 이를 위해서는 출연(연)의 지하실 및 가건물 등에서 연구를 진행하는 등 열악한 연구실 안전환경을 개선하기 위해 연구실의 배치를 고려한 최적화 및 연구실 배치 최적화를 위한 기관별 연구실안전 인력과 예산(안) 수립에 필요한 중장기 계획 마련이 이 필요하다.

본 연구에서는 25개 정부 출연(연)기관에 대한 연구실 안전환경 배치 최적화를 위한 개선필요 연구실의 소요 예산(안)의 추정 방법을 제시하고자 한다. 이를 위해 출연(연)의 연구실에 대한 연구실 면적과 연구실 유형분류를 하였다. 이때, 연구실 유형은 11개 세부 유형으로 분류하였지만, 개선필요 연구실 소요 예산(안) 도출을 위한 연구실 유형은 3개 그룹으로 재구분하였다. 3개의 연구실 유형그룹은 연구실 컨설팅 전문가와 연구진이 판단하여 개선하는데 필요한 연구실의 소요 예산이 거의 비슷하게 추산되는 연구실로 그룹핑하였다. 개선필요 연구실에 대한 소요 예산은 연구실 유형별 및 개선 유형별 평균 기준단가와 개선필요 연구실 개수를 사용하여 다음과 같이 산출식을 제시하였다.

개선필요 연구실 소요 예산

$$= \sum_{i=1}^n [(연구실 유형별 개선필요 연구실 개수) \times (\text{면적}/3.3) \times \text{단가}]$$

화학분야 연구실 내 주요화학물질 반응위험성 정보시스템 개발 연구

김용필, 이근원*, 송영호**

(주)되고시스템, *아주대학교, **대전과학기술대학교

A Study on the CMS System of the Reaction Risk of Major Handling Chemicals in Chemical Research Laboratories

Yong-Pil Kim, Keunwon Lee*, Yong-Ho Song**

DuegoSystem, Ajou Univrsity*, Daejeon Institute of Science and Technology**

요 약

화학분야 연구실에서 발생하는 사고 중 가장 높은 비율을 차지하는 것은 화학물질 간의 반응위험성을 검토하지 않고 실험하거나 실험 후 폐액을 부적절하게 처리하여 발생하는 사고다. 연구실 내 사용하고 있는 다양한 물질 중의 대부분은 위험물안전관리법에 준하는 위험물인데, 현장에서는 복잡한 화학 물성을 제대로 파악하지 않은 채 함께 보관하거나 실험 후 처리를 하여 화재 및 폭발, 독성 가스 발생 등 매우 중대한 인적, 물적 피해를 유발시키곤 하는 것이다.

이에 본 연구는 화학분야 연구실에서 주로 취급하는 화학물질들 간의 반응위험성을 CRW(Cheical Reactivity Worksheet) 및 CAMEO를 활용하여 검토하고, 화학분야의 연구실 사고 예방을 위하여 유기산, 무기산 등 성상별 분리 그룹을 만들어 그룹별 칼라를 지정한 성상별 분리 보관 및 혼합 반응 위험성 정보를 제공하는 반응위험성 정보 시스템을 개발함으로써 안전한 연구환경 조성에 기여하고자 하였다.

본 시스템을 활용하여 화학연구활동 시 관련 활동 연구자에게 혼합 반응성 검토 및 적절한 화학물질 폐기 방법 결정 제안, 보호구 착용 및 관련 법령을 제공함으로써 화학물질 반응성에 기인한 화학물질 사고 예방에 기여할 것으로 기대한다.

* Corresponding author: whitiger72@duegosystem.com

연구실 안전보건관리 업무 향상을 위한 연구

김경천, 정기연, 류동철, 문다은, 한옥란
한국기계연구원 안전보건실

A Study on Improvement of Safety and Health Management in the Laboratory

Kyungchun Kim, Kiyeon Jeong, Dongcheol Ryu, Daeun Moon, Okran Han
Department of Safety and Health, Korea Institute of Machinery & Materials

요 약

연구실 안전환경 조성에 관한 법률, 산업안전보건법, 중대재해처벌법 등 연구실 안전법의 강화로 연구원 안전·보건관리에 대한 관심과 요구사항이 지속적으로 증가되고 있다. 그러나 이렇게 증가되는 안전·보건업무를 수행 할 전담부서 인력 충원에는 어려움이 있어 안전·보건 업무추진에 제한이 많다. 또한 사업주와 경영책임자 등의 안전·보건 확보의무에 따라 중대재해 및 안전사고 예방활동 등이 강화되어 연구현장에 효율적이고 효과적인 업무추진이 요구된다.

본 연구에서는 연구원의 안전·보건관리를 효율적이고 효과적으로 추진하기 위하여 연구현장에 필요한 안전·보건활동을 시행하고 있다. 효율적인 부분은 안전·보건 정보관리시스템 구축을 통해 매번 출력하는 종이문서를 최소화하기 위해 전산시스템 내 전자문서로 관리하고, 2023.01.01.부 시행된 연구실 설치·운영에 관한 기준의 이행능력 강화를 위해 고위험·중위험·저위험을 분류하고, 자체 및 전문기관 점검으로 체계를 조기에 확립하고자 한다. 또한, 효과적인 부분은 부서별 건강관리 업무적합성 평가(우울증, 불안, 불면증) 및 결과 분석을 통해 부서별 필요한 맞춤형 건강증진활동을 시행하고, 연구원 캐릭터(에디, 하니, 코비)를 활용한 안전·보건활동 캐릭터 개발로 안전문화 확산활동 강화를 추진한다. 이렇게 추진된 안전·보건활동을 통해 직원 및 이해관계자의 안전의식 향상과 연구원 안전·보건관리가 강화될 것으로 판단한다.

연구실 설치·운영에 관한 기준 및 가이드라인 현장 적용 사례

황원*, 장원영, 이수민

한국과학기술원 재난안전본부, *한국과학기술원 재난안전본부

A Case Study on the Field Application of Standards and Guidelines for the Establishment and Operation of Laboratories

Hwang won, Jang won young, Lee Su min

*Disaster and Safety Headquarters, KAIST *Disaster and Safety Headquarters, KAIST*

요 약

「연구실 설치운영에 관한 기준」이 지난 2020년 12월 31일 제정되었고, 2023년 1월 1일 시행되었다. 산업현장은 「산업안전보건법」에 따른 산업안전보건기준에 관한 규칙이 산업안전보건관리에 필요한 사항을 구체적이고 명확하게 규정하고 있다. 하지만, 연구실은 산업현장과 달리 취급·보유 유해인자가 매우 다양하고 연구실의 특성을 반영한 설치 및 운영기준이 요구되었다. 이에, 과학기술정보통신부에서는 해당 고시를 통해 4개 대분류 및 17개 중분류에 따른 총 73개 항목에 대한 연구실 안전 준수사항을 규정하고 있으며, 고·중·저위험으로 구분되는 연구실 위험도에 따라 연구실 설치운영 기준을 마련하고 연구실안전법을 적용받는 모든 연구실에 적용되고 있다.

본 연구에서는 연구실 설치운영에 관한 기준 및 연구실 설치운영 가이드라인에 따라 실제 연구현장에 적용한 사례를 분석하였다. 특히, 안전설비 중 가스설비, 환기설비, 전기설비 및 소방설비에 대한 설치 및 운영기준을 검토하였으며, 다소 모호하거나 명확하지 않은 기준 및 다른 안전관련 법령에 대한 상호 보완적인 부분에 대하여 한국과학기술원 연구실 사례를 토대로 대안을 제시해보았다.

한국화학연구원 안전환경 표준 매뉴얼 및 가이드

이은호, 정나라, 이호건

한국화학연구원 안전보건실, 한국화학연구원 안전보건실

Safety Environment Standards Manual and Guide of KRICT

Lee eun ho, Jeong na ra, Lee hyo gun

KRICT Office of Safety and Health, KRICT Office of Safety and Health

요 약

최근 발생하고 있는 각종 사고와 중대재해 예방에 대한 정책적 관심 등으로 안전 및 보건관리에 대한 요구사항이 지속적으로 증가하고 있다. 특히나 국내 소재·부품·장비(소부장) 기술개발을 위해 화학물질을 활용한 연구개발활동이 매년 활발해지고 있는 추세다. 그러나 연구개발이 발전되는 속도에 비해 여전히 연구실의 특성을 반영한 안전환경 관리 매뉴얼의 설계는 미흡하다고 할 수 있다. 이에, 화학물질의 특성을 반영한 안전관리 설계가 필요하며, 이를 적용한 표준 매뉴얼 및 가이드가 요구된다.

본 연구에서는 연구실에서 사용하는 화학물질의 특성별 보관 방법에 대한 가이드를 검토하였으며, 물질의 입고부터 사용 및 폐기까지의 실제 사례들을 분석하였다. 화재의 위험이 높은 유기용제(에탄올, 벤젠, 헥산 등)에 대한 관리 방안을 수립하였다. 한국화학연구원에서는 폭발 방지 정전기 제거 패드, 방폭 설비 등을 구축하고 있으며, 화학물질 사고에 대한 사고자의 예후 관리를 위한 사고 조사 체계 등을 갖추고 있다.

암모니아 수소추출설비 관련 안전성능 분석 및 위험항목 도출

맹주희, 추지안, 정재환*
한국가스안전공사 가스안전연구원

Analysis of Safety Performance and Deriving Risk Items related to Ammonia Hydrogen Generator

JUHEE MAENG, JIAN CHOO, JAEHWAN JUNG*
Institute of Gas Safety R&D, Korea Gas Safety Corporation

요 약

전 세계적으로 화석연료 중심의 탄소경제에서 벗어나 탄소중립 사회실현을 위해 지속 가능한 수소경제 사회로 전환되는 과정에 있으며, 이에 따라 CO₂-Free 수소의 생산방법 등이 폭넓게 연구되고 있다. 그중에서도 암모니아는 다른 수소저장물질에 비해 높은 수소밀도와 에너지밀도를 가지고 있으며, 합성 및 분배기술이 잘 발달되어 있어 촉매 분해가 용이해 수소 운반체로 사용할 수 있다. 또한 암모니아 추출은 친환경 생산방식이고 높은 수소 전환율과 이산화탄소 배출량이 없으나, 독성가스로서의 취급 주의가 요구된다. 이에 맞춰 국내에서도 암모니아를 활용한 친환경 CO₂-Free 수소생산시설에 대한 국산화 연구 및 실증사업 등이 최근 활발하게 진행되고 있다.

『수소경제 육성 및 수소 안전관리에 관한 법률』(수소법)이 시행됨에 따라, KGS AH171 등 수소추출설비와 같은 수소용품의 상세기준이 제정되었으나, 도시가스, 액화석유가스, 탄화수소 및 알코올류 등의 원료에 기반한 수소추출설비에 국한되어 있어, 암모니아 기반 수소추출설비의 경우 안전기준 개발이 필요한 상황이다. 이는 국내뿐만 아니라 해외도 마찬가지로 규정 및 기술적 검증 사례 자체가 부재한 상황으로 암모니아 기반 수소추출설비의 보급 활성화를 위해서는 안전성 향상을 위한 상세기준 마련이 필요한 상황이다.

본 연구에서는 암모니아 수소추출설비 관련 국내외 암모니아 안전성능 분석을 통해 그 경향성을 분석하였으며, 추가로 미국, 호주, 러시아 등 주요 국가에서 진행되고 있는 암모니아 기준의 특징을 살펴보았다. 또한 검토구간(Study node)을 설정하여 위험요소 분석을 통해 위험항목을 도출하였다. 이 같은 사례 및 평가 분석을 통해 국내 암모니아 기반 제품 형태의 수소추출설비에 적용 가능한 벤치마킹 요소를 검토하였으며, 향후 국내에서 암모니아 기반 수소추출설비의 안전한 보급을 위한 안전기준(안)을 활용하여 상세 기술기준 및 세부 안전기준을 수립할 것으로 기대된다. 본 연구를 통해 암모니아 기반 수소추출 상용시스템에 대한 시장확대 및 안정적인 보급 활성화로 안전한 수소 보급을 통한 수소경제 정책 이행에 기여하고자 한다.

본 연구는 암모니아 기반 수소추출설비(모듈형) 안전기준 개발 연구 과제의 연구비 지원에 의하여 연구되었습니다.

암모니아 기반 수소추출설비 관련 사고사례 및 안전기준 분석

조유립, 추지안, 정재환[†], 이정운
한국가스안전공사 가스안전연구원

Analysis of accident cases and safety standards related to ammonia-based hydrogen extraction facilities

YURIM JO, JIAN CHOO, JAEHWAN JUNG[†], JUNGWOON LEE
Institute of Gas Safety R&D, Korea Gas Safety Corporation

요약

최근 해외 생산 그린수소를 국내로 도입하기 위한 핵심적인 수소에너지 캐리어로서 암모니아가 주목받고 있다. 암모니아는 상온에서의 대량 운반이 쉽고, 기존 암모니아 인프라를 이용할 수 있어 빠르게 시장도입이 가능하다는 장점이 있다. 하지만 암모니아는 고압가스안전관리법에 의해 특정 고압가스로 분류되어 관리되고 있을 정도로 고도의 안전관리를 필요로 하는 가스이다. 암모니아를 수소캐리어로 활용하기 위해서는 암모니아로부터 수소를 얻는 수소추출설비 개발 및 암모니아 기반 수소추출설비 안전기준 개발이 필요하다. 현재 수소추출설비 기준인 KGS AH171은 적용범위가 도시가스, 액화석유가스 그 밖에 탄화수소 및 메탄올, 에탄올 등 알콜류에 한정되어 있어 암모니아에 대한 안전기준이 부재한 상황이다.

본 연구에서는 암모니아와 수소추출설비 관련 국내·외 안전기준 분석을 통해 수소추출설비 기준별 적용원료, 수소품질, 독성물질에 대한 안전항목 등을 비교하였으며 플랜트형 암모니아 수소추출설비 시스템을 노드별로 구분하고 위험요소를 도출하였다. 또한 암모니아, 수소 그리고 수소추출설비 관련 사고사례 조사 및 분석을 통해 사고 원인별 안전기준을 검토하였다.

본 연구를 통해 암모니아 수소추출설비의 안전프로토콜을 개발하고 최종적으로 플랜트형 암모니아 수소추출설비 기준을 재정 및 법제화함으로써 암모니아 기반 수소추출설비의 안전보급에 기여하고자 한다.

본 연구는 산업통상자원부 신재생에너지기술개발사업(No.20213030040550)연구비 지원에 의하여 수행되었습니다.

현장에서 제조되는 수전해설비 설치 특성별 안전기준 분석

추지안, 이정훈, 정재환, 이정운[†]
한국가스안전공사 가스안전연구원

Analysis of Safety Code by Installation Characteristics of Water Electrolysis Facilities Manufactured on Site

JIAN CHOO, JEONGHOON LEE, JAEHWAN JUNG, JUNGWOON LEE[†]
Institute of Gas Safety R&D, Korea Gas Safety Corporation

요 약

2050 탄소중립 선언에 따라 수소산업에 대한 관심이 고조되었으며, 그 중 그린수소의 생산 방법인 수전해설비에 대한 연구가 적극적으로 이루어지고 있다. 국내의 경우, 『수소경제 육성 및 수소 안전관리에 관한 법률』이 2020년 2월 제정됨에 따라 그에 대한 수소용품 상세기준인 KGS Code가 2021년 제정되었으며, 수소용품 중 수전해설비에 대한 상세기준 KGS AH271(수소추출설비 제조의 시설·기준·검사 기준)은 2022년 2월부터 시행되고 있다. KGS AH271은 산성 및 염기성 수용액을 이용하는 수전해설비, AEM(음이온교환막) 전해질을 이용하는 수전해설비 및 PEM(양이온교환막) 전해질을 이용하는 수전해설비에 대해서 해당 설비 및 부대설비에 대한 제조의 시설, 기술 및 검사에 대한 기준을 명시하고 있다. 또한 기술의 상세 항목으로는 재료, 구조 및 치수, 장치, 성능 등의 안전기준을 만족하도록 한다.

최근 대용량 수전해설비의 기술 개발이 요구됨에 따라, 현장제조형 수전해설비 안전기준 합리화가 필요한 실정이다.

본 연구에서는 현장제조형 수전해 설비의 안전기준 합리화를 위해 수전해 설비의 설치 환경별 특성을 분석하고 설치 특성별 안전기준을 분석하고자 한다.

최종적으로 본 과제를 통해서 현장제조형 수전해설비에 대한 KGS Code의 개정 방향을 도출하고 대용량 수전해설비의 안전성을 향상시키고 해당 제품의 확산과 보급에 이바지하여 수소산업의 발전과 활성화에 기여하고자 한다.

수전해 설비 국내·외 내압시험 분석 및 연구

윤문상, 이정훈, 정재환, 이정운[†], 박희준
한국가스안전공사 가스안전연구원

Analysis and Research on Domestic and Foreign Pressure Test for Water electrolysis Facility

MOONSANG YUN, JEONGHOON LEE,
JAEHWAN JUNG, JUNGWOON LEE[†], HEUIJOON PARK
Institute of Gas Safety R&D, Korea Gas Safety Corporation

요 약

탄소중립 정책에 의해 재생에너지는 P2G를 통해 잉여전력을 수소 형태로 변환하여 에너지를 저장하고 있다. 수전해 설비는 탄소를 배출하지 않는 그린 수소 생산 방식으로, 가장 친환경적인 수소 생산방법으로 알려져 있다. 이에 따라 전 세계적으로 대규모 수전해 단지 조성을 통해 실증사업을 실시하고 있으며, 전력 계통으로부터 독립하고 재생에너지 직접 연계 운전을 위해 다양한 수소 정책을 발표하고 있다.

이처럼 수전해 설비에 대한 관심이 집중되는 만큼 기술이 발전하고 있으며, 수전해 설비의 생산효율을 향상시키기 위해 다양한 압력을 통한 운전 방법이 개발되고 있다. 알칼라인 수전해는 운전압력을 높이고, PEM 수전해와 AEM 수전해는 스택 내 차압을 발생시켜 운전 효율을 높이고 소비 전력을 낮추는 방법을 사용하고 있다. 그러나 스택 구조상 차압이 높게 형성되었을 때 재료의 Design Pressure가 다른 점으로 인하여 내압시험의 평가 방법 및 판정 기준을 설정하기 어려운 상황이다.

본 연구를 통해 운전압력 및 차압 운전 방법이 수전해 설비에 미치는 영향을 분석하였으며, 국내·외 수전해 설비 안전기준의 내압시험 방법을 분석하였다. 이를 통해 스택의 종류 및 운전 특성에 따른 내압시험 방법을 도출하여 수전해 설비의 안전 성능을 향상시키고자 한다.

본 연구는 산업통상자원부 에너지기술개발사업(No.20203030040030) 연구비 지원에 의하여 연구되었습니다.

그린수소/암모니아 사업개발 적용 SOEC System 개발 현황

김동석

SK ecoplant

요 약

글로벌 그린수소는 기존 화석연료 기반의 수소 수요를 대체하려는 움직임으로 인해 다양한 산업 분야에서 빠르게 증가하는 추세이다. '50년 기준, 전세계 약 5.3억 톤의 수소 수요가 예상되는 가운데 그린수소가 약 60%를 차지할 것으로 전망되며, 수소화합물(암모니아, 메탄올, e-fuel 등) 생산에 약 40% 이상이 활용될 것으로 예상된다. 특히 그린암모니아는 수소 대비 저장, 운송이 용이하고 기존 연료 대비 이산화탄소 발생이 적고, 친환경 에너지원으로서의 수요가 급증하고 있다.

본 논문에서는 그린수소/암모니아 사업개발에 적용하기 위한 SOEC 수전해기 및 관련 BOP package Solution의 기술 개발에 내용에 대해 기술하고, 재생에너지와 연계한 그린수소/암모니아 생산을 위한 SOEC System 적용 방안에 대해 소개하고자 한다.

안전운전을 위한 수전해 STACK의 설계

문상봉, 셀리말, 박찬성, 최윤기

(주) 엘캠텍

Water Electrolysis Stack Design for Safe Operation

S.B.Moon, Celly Marl Nguina Poussou, C.S.Park, Y.K.Choi

Elchemtech Co.,Ltd.

요 약

그린수소 사회 구축은 탈탄소 사회를 향한 가장 유망한 방법이다. 그린수소는 재생 에너지와 수전해를 이용하여 수소를 생산하는 것으로, 요구되는 핵심 요소 기술은 재생에너지와 수전해 시스템이다. 수전해 시스템은 스택과 주변설비 BOP로 구성되며, 스택은 전기화학 반응이 일어나는 곳이며, 주변설비는 전력공급, 물공급, 수소정제 공정을 말한다. 수전해 시스템공정에서 주변설비는 순 산소 또는 순 수소만 존재하며, 스택은 분리막을 중심으로 한쪽은 산소와 다른 한 쪽은 수소를 가진다. 이에, 안전관점에서 수소와 산소가 공존하는 스택은 안전 측면에서 매우 중요하다.

수전해 스택의 안전과 관련한 스택의 평가방법은 가스의 CROSS-OVER를 측정하고, 과 관련한

본 발표는 수전해 시스템의 안전한 시스템 구축을 위한 스택의 평가방법 및 시스템에서의 안전 관리 방법등을 제안하고자 한다.

수소추출기 연계형 연료전지 시스템 KGS Code 개발 현황

김수경, 추지안, 정재환[†], 이정운
한국가스안전공사, 가스안전연구원

Developments Current Situation of KGS Code For Fuel Cell System of Linked to Hydrogen Extraction

SUEKYUNG KIM, JIAN CHOO, JAEHWAN JUNG[†], JUNGWOON LEE
Institute of Gas Safety R&D, Korea Gas Safety Corporation

요약

새 정부의 수소경제 정책 방향이 발표된 이후, 수소경제로의 전환을 위한 다양한 실행 방안이 추진되고 있다. 현재 수소 활용 분야 중 건물용 연료전지는 주로 도시가스용 연료전지가 대부분 보급되고 있다. 국내의 우수한 도시가스 인프라를 활용하는 장점이 있지만 한정된 공간에 여러 대의 연료전지를 설치하는 상황이다. 이에 도시가스용 연료전지의 개질기를 통합하여 실외에 하나의 수소추출설비로 수소를 생산하고 시스템 크기가 작은 수소용 연료전지를 연결하면 도심지 건물에 적합한 비즈니스 모델로 평가된다.

본 연구의 수소추출기 연계형 연료전지 시스템이란 SMR(수증기 개질) 방식을 통해 약 99.97% 이상의 고순도 수소를 추출하는 수소추출설비와 기저 부하를 담당하는 고체산화물 연료전지(SOFC)와 부하 변동 전력을 담당하는 고분자 전해질 연료전지(PEMFC)로 구성된 수소 생산 연계 수소 활용 시스템이다.

2022년 2월 수소경제 육성 및 수소 안전관리에 관한 법률이 시행됨에 따라 수소추출기 연계 시스템에 포함되는 수소추출설비 및 건물용 연료전지의 경우, KGS AH171(수소추출설비 제조의 시설, 기술, 검사 기준)과 KGS AH371(고정형 연료전지 제조의 시설, 기술, 검사 기준)에 따라 해당 용품은 위 기준에 적합한 검사를 받아야 한다.

본 연구에서는 수소추출기 연계형 연료전지 시스템의 안전기준 합리화를 위해 지속적인 KGS Code의 개발을 통해 수소추출설비 및 연료전지 보급 활성화에 기여하고자 한다.

본 연구는 산업통상자원부 에너지기술개발사업(No.20203040030110) 연구비 지원에 의하여 연구되었습니다.

고체산화물 연료전지(SOFC) 복합배기 시스템 안전기준 개발 연구

유수연, 정재환*

한국가스안전공사 가스안전연구원

A study on the Safety Code of SOFC(Solid Oxide Fuel Cell) Common Vent System

SUYEON YU, JAEHWAN JUNG*

Institute of Gas Safety R&D, Korea Gas Safety Corporation

요 약

신재생에너지 설치 의무화에 따른 건물용 연료전지 보급 노력과 더불어 가정·상업용 전기사용량 증가로 인한 전력수요 급증으로 건물용 연료전지와 같은 친환경 분산형 에너지 시스템 도입에 관한 관심이 커지고 있다. 본 연구에서는 이미 건물용 시장에 복합배기가 가능한 저온 고분자 전해질 연료전지(PEMFC) 뿐만 아니라 연료선택이 자유롭고 고온(500~900℃)에서 반응하여 전기효율이 좋은 고체산화물 연료전지(SOFC)복합배기 시스템을 건물용으로 적용하고자 진행되고 있다.

현재 PEMFC는 설치 효율을 높이기 위한 목적으로 최대 6대까지 복합배기 시스템 설치가 가능하나, SOFC의 경우 각각의 시스템마다 배기 라인을 설치해야 하기 때문에 설치 효율이 떨어진다는 한계가 있다. 이에 따라 본 연구에서는 건물용 SOFC의 보급 확대를 위하여 고온용 연료전지의 특성을 반영한 복합배기 시스템의 위험요소 분석을 통해 안전기준안을 개발하고자 한다.

복합배기 시스템 모사설비를 구축하여 외기의 온도, 풍속, 풍압 등 내·외부 환경적 요인을 고려한 운전 조건 시나리오를 설정하고, 시나리오별 시스템 실증 안전 모니터링 후 위험요소 분석을 수행하였다. 이를 바탕으로 고온용 연료전지 복합배기 시스템에 적합한 안전기준 항목을 도출하였다.

본 연구를 통해 고체산화물 연료전지 복합배기 시스템 안전기준을 개발하고, 연료전지 보급 확산에 이바지하여 건물용 연료전지 시장 확장 및 경제 활성화에 기여하고자 한다.

본 연구는 「가정용·건물용 연료전지 보급확산을 위한 안전기준 개발 연구」과제의 연구비 지원에 의하여 연구되었습니다.

대전시 한밭수목원 3kW 연료전지 실증 결과

김건중, 진종우, 조현일
에이치앤파워(주)

Daejeon-si Hanbat Arboretum 3kW Fuel Cell Demonstration Result

geonjoong Kim, jongwoo Jin, hyunil Cho
HnPower

요 약

최근 미래 에너지 변환기술로 주목받고 있는 고체산화물 연료전지는 각종 신재생 에너지원 가운데 가장 높은 효율을 가지는 시스템으로 열병합발전에 적합하고 고온 작동으로 인하여 수소뿐만 아니라 천연가스, 프로판가스 등 다양한 탄화수소계열의 연료를 사용할 수 있다. 당사는 수소를 이용한 3kW급 연료전지 시스템을 개발하여 대전시 한밭수목원에 3kW급 연료전지 시스템을 실증하였다. 수목원은 특정 온도를 유지하는 특성에 따라 연료전지 시스템에서 나오는 열에너지를 회수해 사용함으로써 수목원의 열 사용에 도움이 되는 것을 확인하였다. 하여 당사는 연료전지 시스템의 열효율을 이용한 다양한 활용법을 실증해볼 수 있었으며 연료전지 시스템의 전기에너지뿐 아니라 열 에너지를 활용한 방법을 소개하고자 한다.

본 연구는 중소기업기술정보진흥원의 연료전지를 이용한 열대수목원용 열병합시스템 구축 과제의 지원으로 수행되었습니다. 지원에 감사드립니다.

미코파워의 SOFC 기술개발 동향

이신구, 박진수, 박진아, 최성호

*(주)미코파워

SOFC Technical Development Trend of MiCoPower

Shinku Lee, Jinsu Park, Jinah Park, Songho Choi

MiCoPower, 23 Gongdan 2-ro, Anseoung-si, Gyeonggi-do, 17567, Korea

요 약

고체산화물 연료전지 제조사인 미코파워는 2008년부터 고효율, 고내구성 셀, 스택 및 시스템을 개발해 왔으며, 스택 내구성 및 성능 향상을 기반으로 건물용 고효율 연료전지 시스템 설계 및 최적 운전 기술고도화를 이루어 왔다. 현재 건물용 연료전지 시장의 Needs를 충족하기 위해 복합배기 설치 및 운용을 통한 안전성 도출, 직접 수소를 활용한 고온형 연료전지의 고효율 발전, 정전 시 연료전지 시스템의 피해를 최소화하기 위해 독립운전이 가능한 연료전지 시스템 운전 및 안전성 관련 데이터를 확보했다. 이를 토대로 KGS AH371의 규정을 한국가스안전공사와 함께 선도적으로 개선하고 있다. 본 논문에서는 고효율, 고내구성 셀, 스택 개발에 대한 내용 및 위 3가지 규제항목에 대한 추가안전기준안 프로세스 결과 및 실증 내용을 소개하고자 한다.

두산의 연료전지 개발 현황

박정건, 박재현, 양정환, 김진태, 원진연
(주)두산 퓨얼셀 파워 BU

Fuel Cell Development Status of Doosan

Jeonggun Park, Jaehyun Park, Jeonghwan Yang, Jintae Kim, Jinyeon Won
Doosan Fuelcell Power BU

요 약

두산의 연료전지 사업은 주택용 LNG-PEMFC 제품으로 시작하여 현재는 건물용 LNG-PEMFC 제품이 주력이며, 최근 라인업 증가를 위해 건물용 SOFC 제품을 개발하여 출시를 시작하였고, 중장기적으로 사업확대를 위해 H2-PEMFC 및 이동형 파워팩 개발을 진행 중이다.

국내 건물용 연료전지 시장은 2015년 내외부터 신재생 의무화 설치 정책을 기반으로 형성되어 2022년 기준 약 1,000억원의 규모로 성장하였다. 그러나, 23년부터 제로에너지빌딩 인증제도가 서울시부터 시작되었으며 25년부터 전국적으로 확장될 예정이라 이에 대한 대책방안 마련이 시급한 상황이며, 세계적인 탈탄소 정책에 따라 현재 그레이 수소 중심의 연료전지에서 향후 그린 수소 중심의 연료전지로 변화가 예상되고 있다.

두산은 이에 대비하기 위하여 순수 수소를 사용하는 PEMFC 제품도 꾸준히 개발을 진행하여 건물용 25kW급 H2-PEMFC와 100kW급 H2-PEMFC 시스템을 개발하고 실증을 수행한 경험이 있으며, 삼척 수소시범도시 과제에 참여하여 주택용 1kW급과 건물용 10kW급 H2-PEMFC 시스템 개발과 함께 수전해를 통해 생산된 수소를 활용하여 운전하는 실증 평가를 23년 하반기부터 진행할 계획이다.

또한, 두산밥캣 및 협력기업들과 함께 전동 스키드로더용 60kW급 수소 파워팩 개발 및 실증 과제를 진행하고 있으며, 이를 기반으로 향후 건설기계, 선박, 비상발전 분야로 시장을 확대하고자 한다.

비행체용 연료전지 시스템 위험요소 분석 및 안전기준 개발 연구

김태현, 조인록, 최재욱, 이정운†,
한국가스안전공사 가스안전연구원

Study on the Development of Safety Code through Risk Analysis of Fuel Cell Power System for Aircraft

TAEHEON KIM, INROK CHO, JAEWOOK CHOI, JUNGWOON LEE†,
Institute of Gas safety R&D, Korea Gas Safety Corporation

요 약

세계 에너지 정책의 변화로 수소경제 활성화가 촉진되고 있으며, 수소를 이용하면서 기존 배터리 대비 약 4배 높은 유효 에너지 밀도를 갖는 수소연료전지가 각광받고 있다. 기존 배터리 대비 에너지 밀도가 높은 연료전지 시스템을 항공 분야에 적용 시 체공시간 증가의 이점을 활용해 화물운송이나 에어택시 등 산업 효율성을 증대시킬 수 있어 무인동력비행장치에 대한 수소연료전지의 적용이 적극적으로 검토되고 있다. 연료전지 제작사는 연료전지 시스템을 모빌리티에 적용하기 위해 연료전지 자체에 대한 위험성이나 차량용 연료전지에 대한 위험성 평가를 수행하고 있다. 하지만 비행체의 경우 낙하, 추락 및 활공 특성 등 지상 모빌리티와 다른 위험 요소들이 존재하고 그에 따라 비행체 적용을 위한 위험인자 분석과 안전기준 개발이 필요하다.

본 연구에서는 비행체의 운용 특성을 분석하고 다양한 환경적 요인에 따라 발생하는 안전 이슈 등 비행체용 연료전지 시스템에 대한 위험 요소 평가 및 사고 원인 분석을 통해 연료전지 탑재 비행체의 안전성 향상을 목표로 한다. 위험분석 방식으로 Top-down 방식인 FTA(Fault Tree Analysis)를 수행했으며 화재 및 폭발을 Top event로 설정하여 Fault Tree Diagram을 작성하였다. 또한, 화재 및 폭발의 위험 요소인 연료 누출 및 점화원 발생을 1차 원인으로 분류하였으며, 진동, 노후, 부식, 파손, 절연 파괴, 누전, 접촉부 과열 등의 원인을 위험 요소로 도출하였다. 위 연구에서 도출한 기초자료를 근간으로 수소법에 따라 비행체용 연료전지 시스템의 국내 검사에 활용할 수 있는 안전기준 마련에 기여할 것으로 기대한다.

본 연구는 산업통상자원부 에너지기술개발사업(No.20213030030100) 연구비 지원에 의하여 연구되었습니다.

수소법 하위 선박용 이동형 연료전지 KGS Code 개발 연구

최재욱, 조인록, 이정운[†]
한국가스안전공사 가스안전연구원

Development of KGS Code for Fuel Cell Power System Applied to Ships

JAEWOOK CHOI, INROK CHO, JUNGWOON LEE[†]
Institute of Gas safety R&D, Korea Gas Safety Corporation

요 약

수소경제 활성화에 따라 연료전지를 탑재한 선박에 대한 연구개발 및 실증이 활발히 진행되고 있다. 울산 규제자유특구에서 160kW급(연료전지 25kW) 수소연료전지 선박이 개발되어 실증이 이루어졌고 부산 규제자유특구에서 200kW급(연료전지 50kW)으로 실증을 준비하고 있다. 최근 국내에서는 선박에 장착에 되는 수소연료전지 실증을 통한 수소 선박에 대한 상용화 준비가 한창이다. 이에 따라 본 연구에서는 수소법 하위 선박용 이동형 연료전지 검사 기준을 개발하여 다양한 활용처별 연료전지의 판매 활로를 열고, 수소연료전지 선박의 산업화 촉진에 기여하고자 한다.

본 연구를 통해 선박 운전환경에 적합한 연료전지 위험인자를 분석하여 염수, 기울임, 진동 등의 안전기준을 도출하였다. 또한, 국제해사기구(IMO), 국제전기기술위원회(IEC) 등 국내·외 선박 안전기준을 분석하여 연료전지를 선박에 탑재하기 위해 필요한 재료, 구조 및 치수 특성을 반영하였다. 10년간 선박 사고사례를 분석하고, 위험요소 분석기법을 활용하여 안전 프로토콜 안을 개발하였고, 그 결과를 검사 기준에 반영하였다. 최종적으로 선박안전법과 수소법간 중복검사를 최소화할 수 있도록 유사·중복되는 항목들을 수정, 부합화하여, 효율적으로 선박용 이동형 연료전지 제조사가 수소법에 의한 수소용품 검사를 받을 수 있는 최적의 환경을 마련하고자 하였다.

본 연구는 2022년도 중소기업벤처부의 재원으로 한국산업기술진흥원(KIAT)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다. (No. P0020619)

건설기계 중장비용 수소연료전지 파워시스템 개발 및 실증

박영철, 원종보, 곽부호, 김성진, 홍진석, 김현섭, 김효진, 정윤수
현대모비스 연료전지시스템개발셀

PoC of Hydrogen Fuel Cell System for Heavy-duty Construction Equipment

Young Chul Park, Jong Bo Won, Bu Ho KWAK, Sung Jin Kim, Jinseok Hong,
Hyun Seob Kim, Hyojin Kim, Yoonsu Joung
HYUNDAI MOBIS, FUEL CELL SYSTEM DEVELOPMENT CELL

요 약

기존 화석연료를 대체할 에너지원으로서 무한 청정에너지인 수소는 미래의 주요 에너지원으로 주목을 받고 있다. 이러한 수소에너지의 활용 측면에서 수소연료전지는 승용차, 트럭 등 기존 차량용에서부터 철도, 선박, 지게차, 드론 등의 비차량용까지 다양한 어플리케이션의 동력원으로 연구개발이 활발히 진행되고 있다. 수소연료전지는 배터리 대비 에너지 출력 밀도가 높고, 짧은 충전시간으로 완충 가능하다는 장점을 가지고 있어, 굴착기 및 휠로더 등 대형 건설기계 중장비의 기존 디젤 엔진을 대체하려는 연구들이 진행되고 있다. 영국의 건설장비 제조사인 JCB는 2020년 프로토타입으로 개발한 20톤급 수소 동력 굴착기를 발표했으며, Volvo는 50톤급 수소굴착기 개발을 진행하고 있다. 당사는 HD현대사이트솔루션과 함께 2020년 국내 최초로 14톤급 수소굴착기와 건설기계 전용 수소연료전지 파워시스템을 선보였으며, 2022년에는 세계 3대 건설기계 전시회인 '바우마 2022'에서 개선형 수소굴착기를 발표했다. 본 발표에서는 당사에서 현재 진행되고 있는 대형 건설기계 중장비용 수소연료전지 파워시스템 개발 현황 및 실차 검증/실증 현황에 대해 소개하고자 한다.

※본 연구 내용은 산업통상자원부 산업기술혁신사업 “14톤급 건설 중장비용 수소연료전지 파워시스템 개발 및 실증 (과제번호20203040030040)”의 지원으로 진행됨.

수소연료전지 지게차 파워팩 개발 및 실증

박주연, 김성진, 이용희, 홍진석, 김현섭, 김효진, 박영철
현대모비스 연료전지시스템개발셀

Development and demonstration of hydrogen fuel cell power-pack for Forklift

**Zuh Youn Vahc, Sung Jin Kim, Yong Hee Lee, Jin Seok Hong, Hyun Seob Kim,
Hyo Jin Kim, Youn Chul Park**
HYUNDAI MOBIS, FUEL CELL SYSTEM DEVELOPMENT CELL

요 약

2023년 4월 우리정부는 수소경제 및 탄소중립 실현을 위하여 국가핵심기술로 ‘수소’를 지정하였으며 연료전지를 이를 실현하기 위한 핵심기술로 평가하였다. 건설·산업기계용 연료전지 기술은 국내·외에서 개발과 상용화가 활발히 진행되고 있으며 현대모비스는 비차량용 연료전지 시스템 개발을 통해 우리나라의 수소연료전지 경쟁력 확보에 한 몫을 하고 있다. 2019년 현대모비스는 기존 차량용 연료전지시스템을 활용해 지게차용 이동형 연료전지 파워팩을 개발하였으며 수소법 시행 이후인 2022년 지게차용으로는 국내 최초로 KGS 인증을 획득하였다. 현재, 지게차용 연료전지 파워팩 라인업으로 30kW급 파워팩을 추가로 개발하고 있으며, KGS 인증을 받은 5톤 지게차용 연료전지 파워팩으로는 내구성과 사용자 편리성을 검증하기 위해 울산 글로벌스 물류센터에서 실증을 진행 중에 있다. 본 발표에서는 현대모비스에서 개발한 지게차용 연료전지 파워팩을 소개하고 울산에서 진행되고 있는 수소 지게차 실증 현황에 대해 설명하고자 한다.

이동형 연료전지 활용처 유형별 안전기준 통합 연구

조인록, 최재욱, 이정운[†]
한국가스안전공사 가스안전연구원

A Study on the Integration of Safety Codes by Type of Portable Fuel Cell Utilization

INROK CHO, JAEUK CHOI, JUNGWOON LEE[†]
Institute of Gas Safety R&D, Korea Gas Safety Corporation

요 약

최근 정부는 국가핵심기술에 수소 분야를 신설하고 연료전지 관련 기술을 신규 지정 한 ‘국가핵심기술 지정 등에 관한 고시’를 공포하였다. 공포한 내용에는 건설기계, 산업기계용 연료전지 설계, 선박 및 항공 등 이동형 연료전지가 포함되어 있으며, 이를 수소경제 및 탄소중립 실현을 위한 핵심기술로 보고 있다. 현재 이동형 연료전지는 ‘22.2월부터 시행된 「수소경제 육성 및 수소 안전관리에 관한 법률」에 의해 사용 또는 판매 전 해당 용품의 검사기준(KGS Code)에 따라 검사를 받아야한다. 지금까지 제정된 이동형 연료전지 안전기준은 2건이며, KGS AH372(지게차용, ‘21.8 제정)와 KGS AH373(드론용, ’22.1 제정)이 있다. 이외에도 비행체, 건설기계, 농기계, 선박 등 여러 활용처별로 이동형 연료전지 안전기준(안) 마련을 위한 연구개발이 진행되고 있다.

이에 본 연구에서는 이동형 연료전지의 안전기준을 활용처별로 통합하는 방안을 연구 하고자 한다. 먼저 여러 활용처를 항공, 육상, 해상 등 큰 카테고리로 구분하였으며, 각 카테고리별 운전시 노출되어 있는 환경과 특성을 분석하였다. 또한 IEC 62282 series, KS 등 연료전지 및 활용처별 국내외 안전기준을 분석하였고, 적용범위 통합에 대한 기초자료를 도출하였다. 이외에도 이동형 연료전지 안전기준 개정과 동일 카테고리 내 활용처 간의 안전항목 비교분석을 통해 이동형 연료전지 활용처 유형별 안전기준 통합을 위한 방향 연구를 진행하였다. 이를 통해 이동형 연료전지의 안전성 확보와 수소산업경제 육성으로 친환경 모빌리티 시장의 성장에 기여하고자 한다.

D발표장

D-1	<ul style="list-style-type: none">· 주제: 일반세션1. 천연가스/안전환경/수소 및 신재생가스· 일시: 2023년 5월 25일(목), 10:00~12:00
D-2	<ul style="list-style-type: none">· 주제: 일반세션3. 자원· 일시: 2023년 5월 25일(목), 13:00~16:15
D-3	<ul style="list-style-type: none">· 주제: 일반세션6. 수소 및 신재생가스· 일시: 2023년 5월 26일(금), 09:00~12:20

가스산업의 지속가능경영을 위한 ESG 대응 방안

윤철희 · 이근원 · 정승호

아주대학교 환경공학과

ESG Response Plan for Sustainable Management of Gas Industry

Cheolhee Yoon · Keunwon Lee · Seungho Jung

Dept. of Environmental Engineering, Ajou University, 206 World cup-ro,
Yeongtong-gu, Suwon-si, Gyeonggi-do 16499, Korea

요 약

ESG는 기업의 지속 가능한 경영을 위해 준수해야 하는 비재무적 요소들이다. 기업 경영의 지속가능성(Sustainability)을 달성하기 위한 환경 경영, 사회적 책임, 건전하고 투명한 지배구조라는 3가지 핵심 요소를 의미한다. ESG는 산업발전의 시대를 넘어 사회적 가치 실현을 추구하는 현대사회를 이끌고 있다. 더욱이 이제는 기업의 사회적 책임이라는 추상적 범주를 넘어 환경, 사회, 지배구조 각 분야에 대한 비재무적 요소들을 관리하는 생존전략으로까지 발전하고 있다. 앞으로는 기업 지속가능성에 대한 가치 판단 도구로써 ESG 평가가 더욱 활용될 것이다. 최근, EU 공급망 실사 지침 등 선진국으로부터 ESG Risk 관리와 ESG 경영 도입에 대한 요구는 점차 확대될 것으로 예상된다. 섬유, 의류, 농산품 등 일부 산업에 대해서는 인권 침해와 환경훼손 위험도가 높은 고위험 산업군으로 분류하여, 우선적인 관리를 요구하고 있다.

본 연구에서는 유럽지속가능성보고표준(ESRS, European Sustainability Reporting Standards)의 주요 요소들을 함께 고려하여, 가스산업에서 준비할 수 있는 ESG 분야별 대응 방안을 검토하였다. ESG Risk 관리를 넘어 산업 특성에 따른 지속 가능 경영 체계를 구축하기 위한 가스산업의 대응 방안을 제시하고자 한다.

※ 본 연구는 2023년도 정부(산업통상자원부)의 재원으로 한국산업기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임. (P0012787, 2023년 산업혁신인재성장지원사업)

수소혼입 환경에서 연소기·가스기기 연소성능 안전성 검증 및 안전기술 개발에 관한 연구

조영광, 신현국, 이재훈
한국가스안전공사 가스안전연구원

A Study on the Safety Verification and Development of Safety Technology for Combustion Performance of Combustor and Gas Equipment in Hydrogen Blending Environment

YeongGwang Jo, Hyun Gook Sin, Jae Hoon Lee
Korea Gas Safety Corporation Gas Safety Research Institute

요 약

전 세계적으로 화석연료의 사용으로 인한 대기오염물질의 배출문제는 지속적으로 대두되어 왔다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 국제적으로 온난화 가스 배출량 감소 목표(2030 NDC)를 설정하였고 이를 달성하기 위한 수단으로 수소가 좋은 대안으로 여겨지고 있으며 IRENA에서는 2050년 수소가 세계에너지의 12%를 차지할 것이라 예상하고 있다. 이에 따라 정부에서는 ‘2026년 도시가스 수소 20% 혼입 사용화’라는 목표를 설정하였다. 이를 위하여 기존 도시가스를 사용하는 연소기 및 가스기기의 설계변경 없이 수소 혼입 도시가스를 직접 사용할 수 있도록 수소 혼입농도 변화에 따른 화염형태 분석 및 안전성 검증을 위한 실증연구를 진행하려고 한다.

세계 최초 완전방호식 멤브레인 LNG 저장탱크 개발

김영균, 양영철, 서흥석, 진교국
한국가스공사 가스연구원

Development of a World's First Full Containment Membrane Type LNG Storage Tank

Y.K.Kim, Y.C.Yang, H.S.Seo, K.K.Jin
KOGAS RESEARCH INSTITUTE

요 약

한국가스공사는 평택, 인천, 통영 삼척 그리고 제주의 LNG 생산기지에서 총 77기의 탱크를 운영 중에 있다. 설립 초기 해외 기술을 이용하여 LNG저장탱크를 설계하였으나 국산화 연구개발을 통해 9% Ni강 형식과 멤브레인 형식에 대한 LNG저장탱크 설계 국산화를 완료하였고 2000년 이후 건설된 44기의 탱크를 직접 설계 하였다. 지속적인 연구 개발을 통해 세계 최초로 270,000m³급 초대용량 9% Ni강 탱크를 설계한 실적을 보유하고 있다. LNG생산기지와 관련하여서는 기본설계, 건설감리, 운영, 유지·보수 그리고 시운전까지 전 분야에 걸쳐 다양한 경험과 실적을 보유하고 있다. 기존 대형 LNG생산기지 관련 경험과 지식을 적용하여 제주LNG본부 기화설비와 저장탱크의 효율적인 설계를 수행하고자 하였다. 세부적 내용으로 첫 번째는 여러 주변 환경에 대한 시나리오를 검토하여 비용절감과 편리한 운영이 가능하도록 기본설계를 최적화 하였으며, 두 번째는 세계최초로 완전방호식 멤브레인식 육상용 저장탱크를 45,000m³급 탱크 2기를 건설하였다. 그리고 마지막 세 번째는 LNG 운송을 위해 KC-1 화물창이 탑재된 7,5000m³ 급 소형 LNG수송선 2기를 건조하였다. 이러한 한국가스공사가 보유한 경험과 지식을 통해 제주LNG본부를 환경 친화적이며 고효율 설비로 운영 될 수 있도록 설계하였다. 2019년 9월 LNG 수송선 입항과 육상 LNG저장탱크 하역작업을 시작으로 제주LNG본부의 운영이 시작되었다. 현재까지 멤브레인 저장탱크는 성공적으로 운영되고 있다. 또한 한국가스공사 독자개발 멤브레인 탱크 설계에 대해 글로벌 에너지 기업인 엑슨모빌에 기술승인을 획득하였고 향후 해외수출을 위해 노력하고 있다.

Thermal Desktop을 활용한 액화수소 충전 시스템의 열유동 시뮬레이션

김지영, 이창열, 이정호, 심정연
에이블맥스(주)

Thermo-Fluid Simulation of LH2 Refueling System Using Thermal Desktop

Jiyoung Kim, Changryeol Lee, Jeongho Lee, Jeongyeon Shim
ableMAX Co.,Ltd.

요 약

액화수소 충전 공정은 상변화 현상을 동반하며 공정 중 수소의 온도, 압력 변동으로 인해 열역학적 상태와 유동 특성이 계속해서 달라지는 특징이 있다. 저장탱크에서 액체 상태로 존재하던 극저온의 수소는 펌프로 가압되어 초임계 상태에 도달하고 최종적으로는 기체 상태로 차량용 저장용기에 주입된다. 액화수소 충전 시스템은 탱크, 배관 외에도 펌프, 열교환기 등의 요소로 구성되어 공정 설계를 위해서는 요소별 성능뿐만 아니라 충전 시나리오에 따른 시스템 전체에 대한 평가가 이루어져야 한다.

본 연구에서는 Thermal Desktop을 활용하여 액화수소 충전 시스템을 구성하고 열유동 해석을 통해 충전 공정을 모사하는 방법론을 제시하였다. Thermal Desktop은 유체를 lump와 path로 모델링하고 node와 conductor로 구성한 열 모델을 유체 모델과 tie로 연결하여 해석을 수행하는 1차원 기반의 열전달 및 유동 해석 소프트웨어로 액화수소 충전 시스템과 같은 복잡한 공정에도 적용이 가능하며 충전 시나리오에 따른 해석 결과를 비교 및 분석하는 데 용이하다. 따라서 본 연구의 목적은 액화수소 충전 시나리오에 따른 열전달 및 유동 현상을 파악하고 정량적 평가를 통해 충전 시스템이 수소 충전 프로토콜 SAE J2601을 충족하는지 여부를 확인함에 있다. 추가적으로 디지털 트윈과 연계하여 본 연구의 결과를 최적화 설계에 바탕이 되는 자료로 활용하는 방법에 대해 논의하였다.

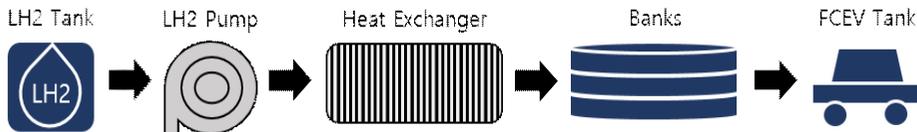


Fig. 1 액화수소 충전 시스템의 공정 흐름도

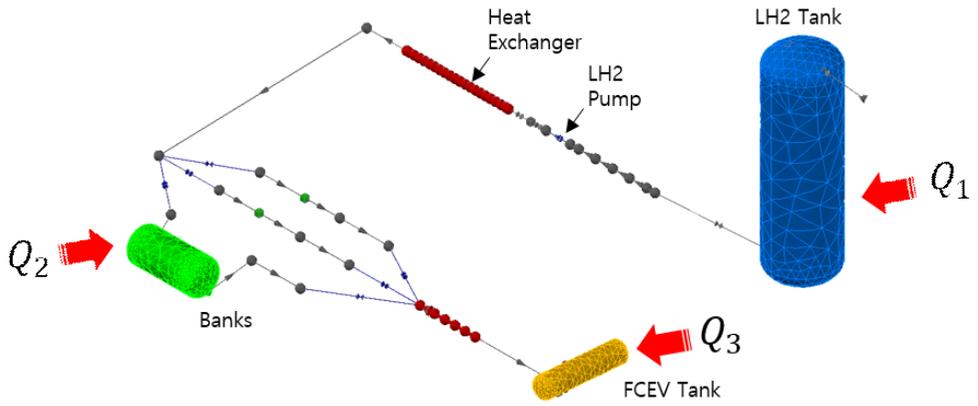


Fig. 2 액화수소 충전 시스템의 열유체 해석 모델

PAUT 절차서 검증 시스템 개발을 위한 구성 요소 분석

김민주, 김정환, 이민경, 전병직, 이재훈
한국가스안전공사

An Analysis of Demonstration Factors for Development of PAUT Procedures Certification System

Min-joo Kim, Jung-Hwan Kim, Min-kyung Kim, Byung-Jik Jeon, Jae-Hoon Lee
Korea Gas Safety Corporation

요 약

비파괴검사는 설비와 시설의 기능을 변형시키지 않고 건전성을 확인하는 기술이다. 현재 가스설비는 상세기준 GC205에 따라 주로 방사선투과시험(RT)이 진행되고 있으며, 방사선 노출과 작업 지침 준수 등에 관한 규제로 인해 경제적이고, 안전성을 검증할 수 있는 비파괴검사 기술의 필요성이 대두되고 있다.

현재 원자력이나 열 배관 등 가스설비 이외의 분야에서 방사선투과시험을 대신해 초음파탐상(UT) 및 위상배열초음파탐상(PAUT) 시험을 통한 검사가 가능하도록 제도가 마련되어 검사 체계와 시스템을 운영하고 있으며, 가스설비에 대해서도 방사선투과시험을 대체하여 검사를 수행할 수 있는 제도적 근거가 지속적으로 요구되고 있다.

반면, 방사선투과시험을 대체하여 검사 대상체의 내부 건전성을 확인할 수 있는 초음파탐상시험은 기술 특성상 재현성 확보가 어렵고, 검사를 수행하는 기술자와 장비, 검사의 절차에 따라 같은 검사 대상체에 대해 다른 탐상 결과가 나타날 수 있어, 결과의 신뢰성 확보를 위해 해당 요소에 대한 검증이 필수적이다.

따라서 본 연구에서는 해외 초음파탐상 및 위상배열초음파탐상 기준을 토대로 PAUT 절차서 구성 요소를 분석했으며, PAUT 탐상과 관련된 기준에 따라 절차서의 구성 검증과 함께 실제 시험편 탐상을 통한 건전성 확보 여부를 판단할 수 있는 기준을 마련했다. 이를 바탕으로 본 연구에서 절차서의 구성 요소별 평가 기준과 시험편을 통한 검증 시스템의 절차와 분석 방안을 마련할 예정이다.

초과곡선을 이용한 설계하중/시나리오 방법 소개

김성훈, 방부형*

네레이드안전컨설팅, *경기과학기술대학교

Introduction to Exceedance Curve Analysis - A Systematic & Accountable Method to determine Design Accidental Load

Sung-Hoon Kim, Boohyung Bang*

*Nereid Safety Consulting, *Gyeonggi University of Science And Technology*

요 약

플랜트는 많은 요소들(Elements) -구조물, 장비, 건물 등-로 이루어져 있는데, 이들 중 일부는 안전에 중대한 (Safety-critical) 역할을 한다. 어떤 요소들은 1차 사고로 손상이 되면 더 심각한 2차 사고를 유발할 수 있으므로 1차 사고를 견딜 수 있도록 설계 및 관리가 되어야 하고, 다른 어떤 요소들은 1차 사고를 제어하기 위한 특별한 기능을 가지므로 1차 사고에 의해 손상되지 않아야 한다. 이러한 요소들이 사고에 손상되지 않도록 하기 위해서는 이들이 견뎌야 하는 사고하중의 종류와 크기를 결정하고, 이를 견딜 수 있도록 설계-제작해야 한다.

사고하중의 종류와 크기를 결정하는 방법으로, 최악의 사고 혹은 대안의 사고 시나리오를 이용하거나 발생가능한 최악의 사고(Maximum Credible Event)를 결정하는 결정론적 방법과 발생 가능한 모든 사고의 발생빈도와 강도를 초과곡선(Exceedance Curve)로 표현한 후 특정 안전목표에 해당하는 사고강도를 찾아내는 확률론적 방법이 있다. 이 확률론적 방법은, 결정론적 방법의 임의성과 분석자의 주관에 의존하는 한계를 극복할 수 있는 체계적인 방법으로 복해의 해양공사에 적극적으로 활용되고 있다.

본 발표는 결정론적 방법의 한계를 환기한 후, 초과곡선을 이용한 확률론적 방법을 이용하여 사고 시나리오를 결정하는 방법을 소개함으로써, 국내 공사에 적용되는 사고하중을 체계적이고 객관적인 방식으로 결정하는 데 기여하고자 한다.

본 연구는 국토교통부/국토교통과학기술진흥원의 지원으로 수행되었음(과제번호 22RMPP-C163162-02).

고망간강 내조 광양 5호기 평저형 LNG 저장탱크의 초기 1년 운전 분석

김정환, 이민경, 이재훈, 이진한
한국가스안전공사 가스안전연구원

Initial One-year Operating Analysis of Flat-bottomed LNG Storage Tank by High Manganese Steel in Gwangyang

Jeong Hwan Kim, Min-Kyeong Lee, Jae-Hun Lee, Jin-Han Lee
Institute of Gas Safety R&D, Korea Gas Safety Corporation

요 약

포스코 광양사업소 내 LNG저장을 목적으로 완전방호식 저장탱크가 설치되었다. 2019년 5호기 탱크(20만 m³급)에 고망간강 내조를 적용하여 설계 및 제작 완료하였고, 최근 6호기의 내외조 모두 고망간강으로 제작 중에 있다. 최근 5호기 대상으로 2019년 12월부터 1여년간 받아 온 데이터의 분석을 완료하였고, 운전상황에 따라 내조의 거동(strain behavior)을 정립하여 학계에 발표 중에 있다. 쿨다운을 포함한 LNG 충전과 유지, 방출까지 정상 운전 상태에 대해 데이터를 분석하였다. 고망간강 내조의 거동을 살펴보기 위하여 내조 외면에 스트레인 게이지 x축 14개, y축 14개를 11단에 골고로 분포하여 설치하여 운전 상황에 따라 스트레인의 변화를 분석하였다. 1년간의 스트레인 데이터 뿐만 아니라 온도, 압력, 액위 데이터를 받아 경향성을 파악하였다. 최초 적용된 고망간강 내조를 갖는 완전방호식 LNG저장탱크의 운전상황을 모니터링하여, 실제 운전상황이 내조 재료인 고망간강 탱크에 미치는 영향을 면밀히 분석하여 향후 안정적인 저장탱크 운용에 정확한 물성 정보를 전달할 수 있다.

국내 미개발 심부 석탄층에의 이산화탄소 지중저장

성원모

(주)골든엔지니어링/한양대학교 자원환경공학과

CO₂ Geological Storage into an Undeveloped Deep Coalbed in Korea

Wonmo Sung

Golden Engineering Inc./Dept. of Earth Resources and Environmental Engineering,
Hanyang University

요 약

2021년 5월 발표된 IEA의 『Net Zero by 2050』 보고서에서는 2050년까지 전 지구적인 탄소중립 또는 넷제로가 필요하다는 점을 강조하고 있다. 주된 내용은 2030년까지 풍력과 태양광과 같은 청정기술을 대폭 확장시켜 신재생에너지를 대폭 늘려야 하며, 화석연료가 사용되어야 하는 경우 CCS 기술이 필수적임을 강조하고 있다. 따라서 이를 만족시키기 위해서는 이산화탄소를 대규모로 처리해야 한다. 이산화탄소 배출 증가량의 억제를 위해 연료전환, 에너지 효율향상, 신기술 개발과 같은 다양한 방식이 요구되지만 이산화탄소를 대규모로 저장할 수 있는 방법은 지중저장 방식이 가장 현실적인 방법으로 평가되고 있다.

해양이나 육상의 지하암반층에 저장하는 지중저장은 오랜 기간 동안 석유나 가스 또는 물을 안정적으로 보존하고 있던 지질구조에 이산화탄소를 가둬 두는 것이므로 누출위험 없이 짧은 시간 내에 많은 양의 이산화탄소를 안전하게 격리할 수 있다. 이산화탄소의 지중격리가 가능한 지질구조 및 심부지층은 장기적으로 안정하고, 낮은 투과도를 갖는 덮개층(cap rock)을 가지며, 주입효율과 저장능력이 양호한 지층이 지중저장의 대상이 된다. 지층 내 주입되는 이산화탄소가 초임계 상태(31.1℃, 7.38 MPa 이상)로 존재할 수 있어야만 주입효율과 저장능력이 양호한 지층이며, 일반적으로 심도 800 m 이상의 지층이 이 조건을 만족한다.

이산화탄소 지중저장은 고갈 유·가스전, 심부 대염수층, 심부 석탄층 등에 적용된다. 과거 수십 년간 이산화탄소를 유전에 주입하여 석유회수율을 증진하고 모니터링하는 CCUS의 하나인 석유회수증진(CO₂-EOR) 프로젝트는 전 세계적으로 수행되어 주입 및 저장성이 입증된 기술이다. 이때 주입된 이산화탄소 중 98%는 영구적으로 지층에 격리되며, 2%만이 부적절하게 폐공된 유정을 통해 누출될 수 있는 것으로 알려져 있다. 그러나 국내에서 고갈 유·가스전은 동해가스전을 제외하고는 전무하다. 한편 심부 대염수층은 국내 해상에서 대형규모의 구조를 발견하지 않는 한 해상에서 소규모로 이산화탄소를 저장하기에는 비효율적이다. 또한 육상에서 발견한다 해도 이산화탄소를 실제로 주입하기에는 사회적 환경이 매우 어려운 실정이다. 이러한 여건뿐만 아니라 기술적인 측면에서도 심부 대염수층에의 CO₂ 저장효율성은 일반적으로 0.5%-2% 정도로 매우 낮다. 또 한 가지 특징적인 격리방법은 육상에 존재하는 심

도 800 m 이상의 심부석탄층에 이산화탄소를 주입하여 석탄 구성입자의 표면에 흡착되어 있던 메탄가스를 탈착시키고, 여기에 주입된 CO₂가 흡착되는 흡착 트랩메카니즘에 의해 저장되는 방식으로서 안전하게 CO₂를 격리시키는 기술이다.

국내의 경우, 석탄화력발전소가 있는 강릉 및 삼척지역, 당진 및 보령지역, 여수 및 하동지역의 주변에 석탄광이 존재하고 있다. 이 석탄광들은 이미 가동이 중단되어 폐광 수순을 밟고 있는 탄광도 있고 일부는 현재에도 가동 중에 있다. 이들 기존의 석탄광들은 대부분 심도가 지표면에서 600 m 이내의 천부탄층이다. 이들 기존의 석탄광을 중심으로 보다 심도가 깊은 800 m 이상에 존재하는 심부석탄층을 탐사하여 발견된 탄층을 대상으로 이산화탄소를 저장하는 CCS 방법이 우리나라에서는 가장 빠르고 경제적이면서 효율적인 지중저장 방식이다. 비록 새롭게 발견되는 석탄층은 소규모일 것으로 판단되기는 하지만 적어도 각 지역의 화력발전소에서 배출되는 CO₂는 각 지역의 근거리에서 위치하는 심부석탄층에 저장할 수 있을 것으로 판단된다. 따라서 이들 심부석탄층의 존재에 대한 탐사 및 저장량 평가가 시급하게 요구된다.

머신러닝 앙상블 기법을 이용한 물리검층 자료 기반 투과도 예측 모델 성능 개선 연구

김재윤, 안유빈, 천예리, 정석희, 권순일
 동아대학교 에너지자원공학과

A Study on Performance Improvement of Data-Driven Permeability Prediction Model with Well Logging Data Using Machine Learning Ensemble Technique

Jaeyun Kim, Yubin An, Yeli Cheon, Seokhee Jung, Sunil Kwon
 Department of Energy and Mineral Resources Engineering, Dong-A University

요 약

본 연구에서는 전공지식에 근거한 변수 선택과 머신러닝 앙상블 기법을 적용하여 물리검층 자료 기반 투과도 예측 모델의 성능을 개선하는 연구를 수행하였다. 일반적으로 시행되는 과압시추(overbalanced drilling) 시 이수가 지층으로 침투하는 현상이 발생하는데 이로 인해 시추공에서 거리가 가까운 곳은 이수 케익이 생기고 투과도가 낮아지게 된다. 따라서 시추공에서 가까운 전기비저항 검층값은 저류층 투과도를 예측하는 입력자료로 부적합할 수 있다. 이러한 전공지식을 기반으로 전기비저항 검층 입력변수 중 Shallow, Medium과 두 변수로 생성한 파생변수를 제거하여 투과도 예측 성능을 비교하였다.

머신러닝에서 앙상블 기법은 여러 개의 모델을 학습시켜 그 모델들의 예측 결과들을 연결하여 더 나은 하나의 모델을 만드는 기법이다. 앙상블 기법에는 배깅, 부스팅, 스택킹 등이 있고, 배깅 기법에서 무작위로 생성된 여러 개의 의사 결정 트리들을 학습하여 숲과 같은 하나의 모델을 만드는 방법인 랜덤포레스트 기법을 사용하였다. 또는 부스팅 기법에서는 경사하강법을 이용해 가중치를 업데이트하는 그래디언트 부스팅의 단점을 보완하여 병렬처리 학습으로 연산 속도를 높인 XGBoost를 사용하여 연구를 진행하였다.

이번 연구에서는 앞서 언급한 3개의 변수(SLUF, Medium, Medium-SLUF)를 제외하고 GR, Dens, Neutron, SP, Deep, V_{sh}, Porosity_C, Porosity_V, Deep-SLUF, Deep-Medium 총 10개의 입력변수를 사용하였다. 그 결과로 변수 선택 전 랜덤포레스트의 R2값과 XGBoost의 R2값은 각각 0.64, 0.68였고, 변수 선택 후 R2값은 각각 0.66, 0.72의 값으로 개선되었다. 이로부터 변수 선택과 부스팅 앙상블 기법이 머신러닝 모델의 성능을 향상시킬 수 있음을 확인할 수 있었다.

사사 : 이 논문은 2023년도 정부(산업통상자원부)의 재원으로 해외자원개발협회의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2021060001, 데이터사이언스 기반 석유·가스 탐사 컨소시엄)

해상 CCS 저장소 운영을 위한 주입 시스템 설계 연구

오유빈, 이영빈, 한아름*, 이재영*, 이영수
전북대학교, *한국CCUS추진단

A Study on the Injection System Design for Offshore CCS Operation

Youbin Oh, Youngbin Lee, Ahreum Han*, Jaeyoung Lee*, Youngsoo Lee
Jeonbuk National University, *Korea CCUS Association

요 약

전 세계적으로 탄소배출에 대한 경각심과 이에 대한 지원 및 규제가 커지고 있는 가운데 대한민국 또한 탄소중립 국가로의 전환을 위해 CCUS(Carbon Capture, Utilization, & Storage) 사업에 투자를 확대하고 있다. 이의 일환으로 생산이 종료된 동해-1 가스전을 활용하여 2027년부터 연간 40만 톤의 CO₂를 저장하는 프로젝트가 진행 중이다. 본 연구에서는 해상 CCS 저장소를 운영함에 있어 CO₂의 주입안정성에 영향을 미치는 요소에 대하여 분석하고 안정적인 저장이 가능한 주입시스템의 운영방안을 제시하고자 한다. 이를 위해 동해-1 가스전과 유사한 주입시스템 모델을 구축하고, 연간 40만 톤의 CO₂를 주입하는 시뮬레이션을 수행하였다. 고갈 가스전임을 고려하여 저류층의 현재 압력은 600 psi로 가정하였고, 해상플랫폼으로부터 주입정까지의 주입경향을 분석하였다. 연간 평균온도인 15°C로 연간 40만 톤 CO₂를 주입하면, 현재의 저류층 압력과 주입온도가 낮아 주입된 CO₂가 상태곡선과 근접한 조건으로 주입관을 통해 유동하여 가스상과 액상간의 상변화가 지속적으로 발생하게 되고 이에 따라 유동 패턴이 복잡해지는 매우 불안정한 유동 패턴을 보이게 된다. 이를 해결하고자 저류층의 압력, 주입온도, 주입량에 따른 주입양상 분석을 수행하였고 주입온도가 증가되면 상태곡선보다 높은 온도로 주입됨에 따라 주입시스템 내에서 CO₂는 가스상으로 유동되며 유동패턴이 일정하여 가장 효과적인 주입이 가능한 것으로 나타났다. 또한 지속적인 CO₂ 주입에 의해 저류층 압력이 증가되게 되면 주입 초기보다 안정적인 주입이 가능함을 확인하였다. 이를 통해 주입 초기에는 히터 등을 통한 주입온도의 상승이 필요하며, 시간에 따라 저류층 압력이 증가되면 보다 안정적으로 주입시스템의 운영이 가능함을 알 수 있었다.

핵심어: CCS, 고갈가스전, 관내유동분석, CO₂ 상변화

사사: 이 논문은 2022년도 정부(산업통상자원부)의 재원으로 한국에너지기술평가원의 지원(20226A10100020, 해양 CO₂ 주입시스템 핵심기술 자립화)과 2022년도 정부(교육부, 산업통상자원부)의 재원으로 한국CCUS추진단의 지원을 받아 수행된 연구입니다(KCCUS20220001, 온실가스감축 혁신인재양성사업).

해외 블루수소 안정적 공급망 구축을 위한 기술개발

이원석

한국지질자원연구원

Development of Technologies for Secured Supply Chain of Overseas Blue Hydrogen

Won Suk Lee

Korean Institute of Geoscience and Mineral Resources

요 약

IEA(2022)에 의하면 2030년 기준으로 전체 수소 생산에서 그린수소 비중은 30% 이상이 어려울 것이며 블루수소 생산량이 이를 상회할 것으로 예측되고 있다. 이는 산유국 중심의 블루수소 공급이 당분간 수소 경제의 주요 부분을 차지할 것을 의미하는데, 2030년까지 블루수소 시장 연간 성장률은 약 10%에 이를 것으로도 예측된 바 있다(Global Market Insight, 2022).

유가스전이 부재한 국내에서 안정적인 블루수소 공급망 확보를 위해서는 해외 블루수소 개발사업에 대한 발굴 및 참여가 필요하며, 주요 밸류체인을 살펴보면 기존 석유가스 물량확보를 위한 해외자원 개발사업과 유사한 형태로 진행될 것이 예측된다.

국내 기업이 신규 해외 블루수소 개발사업에 참여하기 위해서 우선적으로 충족되어야 하는 항목은 유망 대상국의 시장현황 및 정부 정책, 대상지 저류층 활용 가능성, 사업 전반에 걸친 사업성 및 타당성, 그리고 경제성 제고를 위한 기술 및 확보 방안 등이며 이에 대한 정보 및 기반이 확보되어야만 성공적인 사업 착수 및 수행이 가능할 것으로 판단된다.

정부의 체계적인 지원을 통한 기반 확보가 필요한 상황에서 한국지질자원연구원에서는 신규로 해외 블루수소 사업성 평가 및 관련 기술개발 사업을 추진하고 있으며, 해당 사업에서는 유망 대상지 선정, 신시장 대응 수요기술 개발, 블루수소 밸류체인 분석 및 사업성 평가 등의 내용을 다루고 있다. 연구사업 결과물이 향후 국내기업의 해외 블루수소 사업 진출을 위한 국내 기반 확보 및 협력 체계 구축에 효과적으로 활용될 수 있기를 기대한다.

오일샌드 유정의 단열 설계 및 생산성 분석

강인구, 송차영, 조성학, *이정환*
전남대학교 에너지자원공학과

Insulation Design and Productivity Analysis for Oil Sands Well

Ingu Kang, Chayoung Song, Seonghak Cho, Hyecheon Kim, Jeonghwan Lee*
*Dept. of Energy and Resources Engineering, Chonnam National University

요 약

오일샌드(oil sands)는 생산을 위해 고온의 스팀을 주입하여 비투멘(bitumen)의 점성도를 낮추는 SAGD (steam assisted gravity drainage) 공법이 주로 이용된다. 본 연구에서는 상용 저류층 시뮬레이터인 CMG社 STARS를 사용하여 오일샌드 유정을 설계하고 생산성을 분석하였다. 튜빙 내 비투멘의 열손실(heatloss)을 줄이고 오일 유동도를 향상시키기 위해 생산정(production well) 또는 주입정(injection well)의 수직구간에 진공 이중관 구조의 단열(insulation)을 적용하였다. 또한 민감도 분석(sensitivity analysis)을 통해 최적생산효율을 갖는 유정운영 조건과 시나리오를 도출하였다. 민감도 분석을 위해 설정한 영향인자는 주입정의 공저압(bottomhole pressure, BHP)과 스팀 주입량(steam rate), 생산정의 BHP와 스팀 생산량(surface water rate) 및 유체 생산량(surface liquid rate)이며, 최적화(optimization) 목적함수는 누적 오일 생산량(cumulative oil production)이다. 단열 적용 결과, 생산정을 단열한 경우보다 주입정을 단열 했을 때 누적 오일 생산량이 증가하였으며 이는 단열로 인해 스팀 효율(steam quality)이 높게 유지되는 것으로 사료된다. 민감도 분석 결과, 유정의 BHP와 유체 생산량, 스팀 생산량이 설계에 영향을 미치는 것으로 확인되었다. 또한 최적화 시 주입정과 생산정 BHP의 압력차가 크고, 스팀 주입량이 높은 조건에서 누적 오일 생산량이 증가하였다. 이는 가장 우세하게 성장한 스팀 챔버가 저류층을 지배하여 누적 오일 회수율이 증가한 것으로 판단된다. 본 연구 결과는 SAGD 공법의 유정 설계 시 기초 자료로 활용될 수 있을 것이며, 향후 유정 단열에 따른 경제성 평가를 수행할 계획이다.

사 사

본 연구는 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다 (No. 20212010200010). 또한, 본 연구는 국토교통부/국토교통과학기술진흥원의 지원으로 수행되었음(과제번호 RS-2022-00143541).

† Corresponding Author(이정환), E-mail: jhwan@jnu.ac.kr

수소 생산 시 발생하는 불순물을 포함한 이산화탄소 지중저장 시뮬레이션 연구

고승모, 박혜리, 이용석*, 차주현*, †장호창**

강원대학교 에너지자원융합공학과, *강원대학교 에너지공학부,

**강원대학교 에너지자원화학공학과

Numerical simulation for geological storage of carbon dioxide with impurities from hydrogen production

Seungmo Ko, Hyeri Park, Yong Seok Lee*, Ju hyun Cha*, †Hochang Jang**

Department of Energy and Mineral Resources Engineering, Kangwon National University, *Division of Energy Engineering, Kangwon National University,

**Department of Energy Resources and Chemical Engineering Kangwon National University

요 약

2021년에 발표된 에너지경제연구원의 보고서에 따르면 현재 청정수소를 생산할 수 있는 가장 저렴한 수단은 천연가스를 개질하거나 석탄을 가스화하여 수소를 생산한 후 발생한 이산화탄소를 CCS로 처리하는 방법이다. 이 과정에서 이산화탄소와 함께 포집되는 주요 불순물은 황화수소와 메탄이 있다. 이 불순물들은 이산화탄소 저장효율을 감소시킬 수 있으나 제거하는 과정에서 상당한 비용이 발생한다.

본 연구에서는 저류층 시뮬레이션을 이용해 메탄과 황화수소가 포함되었을 때의 이산화탄소 저장효율을 분석하였다. 국내 이산화탄소 저장 후보지의 물성을 이용해 염수층 모델을 구축하였으며 불순물의 상거동은 Peng-Robinson 상태방정식을 적용하였다. 불순물의 농도는 아민계 흡수제를 사용할 때 황화수소가 같이 포집될 수 있는 최대 몰분율인 3.5%로 설정하였고, 메탄도 동일한 비율로 혼합하였다. 주입기간은 20년으로 설정하였으며 이후 100년간 모니터링을 진행하였다. 순수한 이산화탄소 대비 총 가스 주입량은 황화수소가 포함되었을 때 99.8%이며 이산화탄소 순 주입량은 97.1%로 확인되었다. 메탄이 포함되어 있을 때 총 주입량은 95.6%로 감소하고, 순 주입량은 94.2%를 나타냈다. 지층의 환경에서 황화수소가 포함된 혼합물의 밀도는 0.3% 감소했지만, 메탄은 4.9% 감소하였으며, 비중 차이에 의해 잔류트랩과 용해트랩의 효율이 변화함을 확인할 수 있었다.

사사

본 연구는 2022년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원(2022RIS-005, 지자체-대학 협력기반 지역혁신 사업)과 2023년도 정부(산업통상자원부)의 재원으로 해외자원개발협회의 지원을 받아 수행된 연구입니다(202106001, 데이터사이언스 기반 석유·가스 탐사 컨소시엄).

† Corresponding Author(장호창), E-mail: hcjang@kangwon.ac.kr

동심관 모델 활용 다공질 변형 및 Non-Darcy 유동 해석 정확도 향상

신창훈, 김정균, 강일오, 이태엽*, 이영수**, 이정환***
한국가스공사, *(주)솔림버저, **전북대학교, ***전남대학교

Accuracy Improvements of Geometric Changes and Non-Darcy Flow Analyses Using The Concentric Annulus Flow Model

C.H.Shin, J.G.Kim, I.O.Kang, T.Y.Lee*, Y.S.Lee**, J.H.Lee***
KOGAS, *Schulumberger, **Jeonbuk-Univ., ***Jeonnam-Univ.

요 약

원통관과 사각덕트 등을 흐르는 일반적인 내부유동의 마찰손실은 유관의 직경과 길이 및 형상을 기반으로 쉽게 특성화된다. 이에 반해, 다공질 유동은 수많은 공극을 흐르는 복잡한 유로의 규명이 불가하고, 개별 공극유로의 특성이 매우 달라, 이를 적절히 대표하는 등가유관을 정의하는 것이 현재까지도 주요한 난제이다. 다공질 유동의 대표적 등가모델은 Kozeny가 1927년에 제시하였으며, 수력직경과 비틀림도 및 Kozeny 마찰상수(C_k)를 기반으로 정의하였다. 이들은 일반적인 유동관의 직경, 길이 및 형상에 대응하는 등가모델의 특성변수들로 볼 수 있다. Kozeny 모델을 통해, 해석 대상 다공질과 등가인 유동관(기본모델)은 정의될 수 있다. 그러나 Kozeny 모델은, 대상 다공질 하나의 등가모델은 각각 적절히 정의할 수 있으나, 이종의 다공질 유동과의 비교에는 한계를 가짐에 유의해야 한다. 두 매질 각각의 수력직경은 정량적으로 동등하게 산정이 가능하나, 나머지 정성적 측면의 두 변수인 비틀림도와 마찰상수는 각 매질이 다른 형상(마찰상수)을 가짐에 따라 다르게 정의되기 때문이다.

결과적으로, 이는 Kozeny 모델의 특성변수들이 매질의 형상변형이나 Non-Darcy 유동해석 등에 범용적으로 활용되는데 한계를 가지게 한다. 이에, Carman(1938)은 Kozeny 모델을 원통관을 기본 형상으로 하도록 개량한 Kozeny—Carman 관계식을 제안하였고, 이는 현재까지도 대표적인 다공질 유동관계식으로 이용되고 있다. 최근 Shin(2021)은 Kozeny—Carman 관계식이 Kozeny 상수에 기반하여 정의되는 것은 불완전한 개량이며, 이는 매우 단순한 유로구조에만 근사적 적용이 가능함을 보였다. 또한, 기존의 수력직경 대신 유효직경의 정의가 필수적이라 주장하고, 유효직경을 매질의 형상변형과 Non-Darcy 유동해석에 도입하여, 정확하고 실용적인 해석이 가능함을 보였다. 그러나 유효직경의 산정은 공극 평균유속을 필수적으로 요구하고 있어, 실제의 적용은 복잡한 실험 혹은 수치해석 등을 부가적으로 요구하는 한계가 있다.

이에, 본 연구에서는 유효직경의 근사적 산정을 위해, 동심관 유동모델을 도입하고 각 특성변수들과의 모든 상관관계를 제시하였다. 또한, 동심관 모델의 유효성을 검증하고자, 총 다섯 종류의 매질에, 각각 다섯의 유동조건을 부가하여, 총 25종의 공극 규모 전산해석을 수행하였다. 결과적으로, 모든 해석에서, 동심관에 기반한 유효직경들은 매우 근사한 내부유속(비틀림도)과 투과도를 성공적으로 산출하였다. 따라서 본 연구에서 제안된 동심관 유동모델은 다공성 매질의 기하학적 변화와 유동장 변화 등 다양한 다공질 유동해석에 적절하고 실용적으로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

탄소 광물화를 고려한 현무암과 사암에서의 이산화탄소 지중 저장

김규현, 김동현, 나윤수, 송영수, 이다해, 왕지훈
한양대학교 자원환경공학과

Geological CO₂ Storage in Basalt and Sandstone Considering Carbon Mineralization

Kyuhyun Kim, Donghyun Kim, Yoonsu Na, Youngsoo Song, Dahae Lee, Jihoon Wang

Department of Earth Resources and Environmental Engineering, Hanyang University

요 약

우리나라 NDC (Nationally Determined Contribution; 국가 온실가스 감축 목표) 달성을 위해서는 CCS 기법 적용이 필수적이다. 주입된 이산화탄소가 저장되는 메커니즘은 구조 트랩, 잔류 트랩, 용해 트랩, 광물 트랩으로 분류된다. 이 중 광물 트랩은 주입된 이산화탄소가 탄소 광물화를 통해 저장되는 가장 영구적이고 안정적인 저장 메커니즘이다. 대표적인 CCS 대상 지층 암종인 사암에서의 탄소 광물화는 중요하게 고려되지 않았지만, 최근 사암에서도 구성비에 따라 광물 트랩이 비교적 짧은 시간 내에 주요 메커니즘이 될 수 있는 것으로 분석되고 있다. 또한, 아이슬란드의 CarbFix 프로젝트에서는 현무암을 대상으로 이산화탄소를 주입하여 2년 이내에 광물 트랩이 주요 메커니즘이 되는 것을 확인하였다.

본 연구에서는 현무암과 사암에서의 CCS 기법 적용 시 발생하는 탄소 광물화 현상에 대해 분석하고, CCS 기법 적용 시 광물 트랩 메커니즘을 상세하게 규명한다. 또한, 탄소 광물화와 관련된 최신 연구들을 조사하였고, 향후 관련 연구 방향을 제안하였다. 탄소 광물화는 이산화탄소가 지층수에 용해된 뒤 Ca²⁺, Mg²⁺, Fe²⁺와 같은 양이온과 반응하여 탄산염광물을 생성하는 현상으로 정의되며, 탄소 광물화 과정은 대상 지층 암종, 온도, pH 등 환경적 요인에 큰 영향을 받는다. 이 현상은 CCS 기법 적용 시 주요 저류층 물성인 투과도, 공극 구조 등을 변화시키기도 한다. 최근 현무암에서의 탄소 광물화 연구는 주입된 이산화탄소와 암석 간 반응성을 주제로 진행되고 있다. 반면, 사암에서의 탄소 광물화 연구는 이산화탄소 주입으로 인한 암석의 물성 변화에 집중되고 있다.

사 사

본 연구는 2021년도 정부(산업통상자원부)의 재원으로 해외자원개발협회의 지원(No.2021060002, 디지털오일필드)과 2022년도 정부(교육부, 산업통상자원부)의 재원으로 K-CCUS 추진단의 지원(KCCUS20220001, 온실가스감축 혁신인재양성사업)을 받아 수행된 연구입니다.

해수 기반 나노-스마트 워터의 오일회수 증진효과 규명을 위한 실험적 연구

김혜연, 송차영, 조성학, 강인구, † 이정환*
전남대학교 에너지자원공학과

An Experimental Study on the Effect of Sea Water-Based Nano-Smart Water on Oil Recovery

Hyeyeon Kim, Chayoung Song, Seonghak Jo, Ingu Kang, Jeonghwan Lee*
**Dept. of Energy and Resources Engineering, Chonnam National University*

요 약

본 연구에서는 탄산염암 저류층의 오일회수 증진에 있어 K^+ , Mg^{2+} 등의 전위결정이온(potential determining ion, PDI)을 조절한 스마트 워터(smart water)와 나노유체(nanofluid, NF)의 시너지 효과를 확인하고자 해수 기반 나노-스마트 워터(nano-smart water, NSW)를 합성하였다. 분산안정성을 확보한 NSW의 성능을 평가하기 위해 암석-유체-오일간 계면장력(interfacial tension, IFT)과 접촉각(contact angle) 측정한 후 코어유동실험을 수행하였다. IFT 측정 결과, 나노입자를 1.0 wt% 이상 첨가 시 PDI는 유체의 IFT 변화에 큰 영향을 미치지 않는 것으로 확인되었다. 접촉각 측정 결과, NSW에서 NF보다 최대 59° 의 접촉각이 개선되었다. 따라서 나노입자가 1 wt% 첨가된 NSW 중 습윤도 변화지수(wettability alteration index, WAI)가 1에 가장 근접한 MS1 ($MgSO_4$ _1000 ppm), KS3 (K_2SO_4 _3000 ppm)를 실험군, 해수에 1 wt%의 나노입자를 첨가한 나노유체 NF_1을 대조군으로 선정하여 코어유동실험을 수행하였다. 실험 결과, NF_1에 비해 MS1, KS3에서 각각 5.3%, 6.1%의 추가적인 오일이 회수되었다. 이는 K^+ 로 PDI를 조절한 경우, Mg^{2+} 보다 전하 가림 현상이 작아짐에 따라 유효 핵전하가 증가하고 이온 교환반응이 활발해져 더 많은 양의 오일이 회수된 것으로 판단된다.

사 사

본 연구는 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다(No. 20212010200010). 또한, 본 연구는 2022년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(NRF-2020R111A3060663). 또한, 본 연구는 2019년도 산업통상자원부의 재원으로 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다(No. 20152510101980).

† Corresponding Author(이정환), E-mail: jhwan@jnu.ac.kr

A Field-Scale Simulation Using Matlab Reservoir Simulation Toolbox (MRST) to Evaluate Surfactant Impact on the CO₂ Storage.

Joseph Iranzi 1*, **Gi-Beom Seok 2****, **Yong-Chan Park 3****, **Hanam Son 4***
*Pukyong National University **, *Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources***

Abstract

CO₂ capture and storage (CCS) in the saline aquifer has been proven as one of the viable options for reducing CO₂ emission to the atmosphere. A certain amount of differential pressure is required for the invading CO₂ to displace the existing brine; which is related to the reduction of CO₂ brine interfacial tension to increase CO₂ relative permeability. It has been experimentally shown that utilizing surfactants reduces interfacial tension between CO₂ and water, and a laboratory experiment has been performed to evaluate the CO₂-brine relative permeability based on surfactant injection; and has shown the feasibility of surfactant-based CCS. However, potential sites (saline aquifers) are typically very large, and CO₂ injection is longtime scale compared to the laboratory scale; consequently, large-scale simulation of surfactant-based CCS is needed, to evaluate its effectiveness in the real field. This study aimed to preliminarily test the effectiveness of surfactant-based CCS simulation on large scale, which is paramount for future application in the actual field aquifer. To perform the surfactant-based CCS, Matlab Reservoir Simulation Toolbox (MRST - CO₂ lab) was used since, it gives the large aspect ratio between the vertical and horizontal plume dimensions, based on vertical equilibrium (VE) models. The simulation used the input parameters from surfactant-based CCS experiment performed on sandstone core samples. The VE model-based simulation was adopted to evaluate the CO₂ plume height variation over a simulation period by considering with and without surfactant. The simulation result has shown the effectiveness of the surfactant-based CCS on a large scale. Therefore, the surfactant-CCS based can be studied in the future using real field data to evaluate the CO₂ storage improvement using a surfactant.

이 연구는 2023년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단 기초연구사업의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2022R1F1A1075117)

N-WAG 공법의 효율 향상을 위한 영향인자 별 민감도 분석

박혜리, 고승모, *장호창*

강원대학교 에너지자원융합공학과, *강원대학교 에너지자원화학공학과

Sensitivity analysis by influencing factors to improve the efficiency of the N-WAG method

Hyeri Park, Seungmo Ko, *Hochang Jang*

*Department of Energy and Resources Engineering, Kangwon National University, *Department of Energy Resources and Chemical Engineering, Kangwon National University*

요 약

본 연구에서는 오일의 회수증진과 CO₂의 저장 측면에서 N-WAG 공법의 효율을 극대화하기 위해 영향인자 별 특성을 도출하였다. 이를 위해 CMG사의 STARS 시뮬레이터를 활용해 불균질성과 이력현상이 고려된 3-D 모델을 구축하였다. Dykstra-Parsons 계수를 0.4로 설정하였으며 상대투과도의 이력현상은 Carlson의 상대투과도 곡선의 임계가스포화도를 0.3으로 입력해 구현하였다. 나노입자의 흡착 현상은 Langmuir 흡착등온식을 이용해 물분율에 의해 흡착량이 결정되며, 흡착량 증가에 따라 암석의 습윤도가 변화하는 반응은 상대투과도 곡선의 끝점 변화를 통해 구현하였다. 저류층 유체는 CO₂-WAG가 적용되고 있는 Weyburn 유전의 W3 유체 물성을 사용하였다. N-WAG 적용 시 비교적 밀도가 높은 나노유체 주입 구간에서 주입정의 공저압이 증가했지만 제한 압력 이하에서 운영이 되었으며, 나노입자 투입에 따른 흡착량 변화를 확인할 수 있었다. 또한, 오일회수율과 CO₂의 저장량이 증가함을 확인하였다. 민감도 분석을 위한 설계변수는 슬러그 사이즈, 유체-가스비, 나노입자 농도이며, 총 5년의 N-WAG 공법에 따른 오일회수율과 CO₂ 저장량을 도출하였다. 그 결과 주입 유체-가스 비 1:2, 슬러그 사이즈 0.3 HCPV에서 오일회수율과 CO₂의 저장량이 가장 높게 나타났으며, CO₂의 저장량은 오일회수율과 선형적인 관계를 보였다. 나노입자의 첨가는 공저압의 상승을 유도해 CO₂의 주입성을 낮추지만 CO₂의 저장 측면에서는 이점을 갖는다는 것을 확인할 수 있었다. 추후 오일 점성도, 저류층 투과도, 습윤도와 같은 유체와 암석 물성에 대한 분석을 추가로 수행할 예정이다.

사 사

본 연구는 2020년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업(No.2020R1F1A1048182)과 2023년도 정부(산업통상자원부)의 재원으로 해외자원개발협회의 지원을 받아 수행된 연구입니다(202106001, 데이터사이언스 기반 석유·가스 탐사 컨소시엄).

* Corresponding Author(장호창), E-mail: hcjang@kangwon.ac.kr

CO₂ 지중저장 중 발생가능한 지구역학적 문제에 대한 고찰

송영수, 나윤수, 김규현, 김동현, 이다해, †왕지훈
한양대학교 자원환경공학과

A review of the possible geomechanical challenges during geological CO₂ storage

Youngsoo Song, Yoonsu Na, Kyuhyun Kim, Donghyun Kim, Dahae Lee,
†Jihoon Wang

Hanyang University, Department of Earth Resources and Environmental Engineering³

요 약

기후변화에 관한 정부간 협의체(IPCC)는 전 세계 대부분의 국가에서 이산화탄소 지중저장(Geological CO₂ storage) 기술 없이는 이산화탄소(CO₂) 감축 목표를 달성할 수 없을 것으로 전망하고 있다. 국내에서도 2030 국가 온실가스 감축목표(NDC) 달성을 위해 대규모 저장소 확보와 같은 사업이 진행되고 있다.

이산화탄소 지중저장 기술 적용 시, 주입되는 CO₂로 인해 지층의 공극압력 상승이 필연적이며, 심할 경우, 덮개암 파괴, 기존 단층의 재활성화, 암석의 다공탄성 반응, 유정 완전성 손실과 같은 지구역학적 문제가 발생할 수 있다. 이로 인해 주입된 CO₂ 누출, 유도 지진, 표면 융기와 같은 안정성 및 환경 문제로 이어질 수 있을 뿐만 아니라 이산화탄소 지중저장 기술에 대한 공공 수용성 확보에도 어려움이 존재할 수 있다.

이번 연구에서는 이산화탄소 지중저장 기술 중 CO₂ 주입에 따른 공극압 증가로 인한 발생할 수 있는 지구역학적 문제를 다루며, 통합적인 지구역학적 분석의 주요 원칙을 제공하여 지구역학적 문제에 대한 메커니즘을 이해하고 공공 수용성 확보를 위한 최적 이산화탄소 지중저장 설계를 확립하는 데에 필요한 정보를 제공한다. 이러한 지구역학적 문제에 대한 분석은 CO₂ 주입 시 안정성 확보에 필수적이며, 특히 대규모 이산화탄소 지중저장 기술 적용 시에 필수적으로 선행되어야 한다.

사 사

본 연구는 2021년도 정부(산업통상자원부)의 재원으로 해외자원개발협회의 지원(No.2021060002, 디지털오일필드)과 2022년도 정부(교육부, 산업통상자원부)의 재원으로 K-CCUS 추진단의 지원(KCCUS20220001, 온실가스감축 혁신인재양성사업)을 받아 수행된 연구입니다.

중소형 LPG 추진선박 상용화를 위한 LPG 벙커링 안전성 평가 기반 액화석유가스 선박 충전 제도화 방안 연구

최영주, 박인애, 유지수, 오정석
한국가스안전공사 가스안전연구원

A Study on Institutionalization of Liquefied Petroleum Gas Filling for ships Based on Safety Assessment of LPG Bunkering for Commercialization of Small and Medium LPG-Fueled Ships

Young-Joo Choi, In-Ae Park, Ji-Su Yu, Jung-Suk Oh
Institute of Gas Safety R&D, Korea Gas Safety Corporation

요 약

현행 「액화석유가스의 안전관리 및 사업법」 내 LPG 충전사업은 용기, 소형용기, 가스난방기용기, 자동차에 고정된 용기 및 탱크, 배관을 통한 저장탱크 충전 등 6개 충전사업을 규정하고 있으며, 선박(고정된 탱크 또는 용기) 관련 충전사업은 부재한 상황이다. 허나, 국제해사기구(IMO)의 협약에 따른 선박 배출가스 규제가 강화됨에 따라, 친환경 연료로의 전환이 다각화되고 있으며, LPG 또한, 무시할만한 항 함유율로 오늘날 바로 사용이 가능한 친환경 선박 연료로 부각되고 있다. 이 뿐 아니라, 해수부에서 제안한 가스 또는 저인화점 연료 사용 선박에 대한 국제기준인 IGF 코드 내 LPG 추진선박 안전 지침 또한 해사안전위원회(MSC) 최종 승인을 앞두고 있다. 최종 승인 후, 법적으로 발효하게 되며, 국제표준 기준 제정에 따라, LPG 추진선박 보급이 활성화 될 것으로 예상된다.

국내에서도 친환경선박법에 따라, LPG 추진선박 개발이 가능해졌으며, 친환경선박 구매자 또는 연료생산자에게 대출이자 보조, 운영자금 지원 등에 대한 인센티브가 제공되며, LPG 연료 특성상 중소형 선박 위주로 추진될 가능성이 높다. 특히, 국내 어선은 2018년 기준 총 65,000여척이 등록되어 있으며, 20년 이상 노후 어선은 약 30,000여척으로 폐선 대신 친환경 연료 엔진으로 교체하여 사용할 경우, 수요는 더욱 더 증가하게 된다. LPG 추진선박 활성화에 따라, 현행 법령 상 부재한 LPG 선박의 연료 공급(충전)을 위한 충전사업 제도화가 시급해보인다.

본 연구에서는 중기부 규제자유특구사업(3차)을 통하여 특례를 부여받은 LPG 선박 충전(벙커링) 실증 관련 특구지역(부산) 내 구축이 가능하도록 도출된 LPG 벙커링 실증 안전기준을 분석하고, 관련 시설에 대한 안전성 평가를 실시하여, LPG 선박 충전 사업에 대한 제도화 방안을 검토하여 LPG 벙커링 도입 기반을 마련하고자 한다.

Acknowledgements

본 연구는 2023년도 중소벤처기업부 규제자유특구혁신사업(부산 해양모빌리티 규제자유특구) 지원에 의한 연구임[P0016077]

도시가스 배관망 수소 혼입 전주기 안전성 검증 기술개발 및 실증 계획

서국진, 한원국, 이동원, 류영조, 곽채식
한국가스안전공사

Development and Demonstration Plan of Safety Verification Technology for Hydrogen Blending in City Gas Pipeline

Gookjin Seo, Wonguk Han, Dongwon Lee, Yeongjo Ryu, Chaesik Gwak
Korea Gas Safety Corporation

요 약

2050년 탄소중립 달성 목표를 위해 정부에서는 여러 정책을 추진하고 있다. 그 중 도시가스 분야에서 수소 혼입을 통한 온실가스 감축 계획이 대안으로 제시되었고, 제1차 수소경제 이행계획 등에 포함되어 추진 중에 있다.

이에 도시가스에 수소를 혼입하여 공급 및 사용하기 위한 계획이 수립되었다. 수소 혼입 시 도시가스 배관, 연소기, 가스기기, 부품류 등의 안전성 시험을 통해 기존 도시가스 시설 및 설비의 교체 없이 사용 가능한 적정 수소 혼입 비율을 도출하고, 실제로 도시가스사의 배관에 수소 혼입 시범사업을 통해 수소 혼입에 따른 도시가스 시설, 설비의 안전성과 호환성을 검증할 계획이다.

본 발표에서는 도시가스 수소 혼입에 따른 전주기 안전성 검증을 위한 기술개발 및 실증 계획을 공유하여 안전하고 효과적인 수소 혼입 방향에 대해 논의해보고자 한다.

수소충전용 냉각장치 열교환기(PCHE) 열유동 해석 연구

이성우, 최성웅
경상국립대학교

요 약

대부분 에너지자원을 수입하고 있는 우리나라의 상황에서 석탄과 유류와 같은 에너지자원의 경우 연소 시 아황산가스와 같은 공해 물질을 발생시켜 환경에 문제가 있고 원자력 에너지 같은 경우 안전성의 문제가 제기되고 있다. 반면 수소의 경우 친환경적이며 고효율로 에너지를 생산할수 있으며 자동차, 난방, 발전 등의 사용되는 에너지원을 대체할수 있는 장점을 가지고 있다. 또한 환경변화로 인한 기후변화와 재해 등이 인류의 삶을 위협하고 있어 국제적으로 이를 극복하기 위해 미국의 경우 기후변화 대응 파리기후변화 협약 복귀, 유럽의 경우 온실가스 감축목표 상향 및 탄소국경조정 제안, 일본의 경우 안전을 최우선으로한 안정적, 탄력적 에너지 공급 등 탄소 중립시대를 준비하고 있으며 우리나라도 이에 맞추어 ‘2050 탄소 중립’을 선언하고 온실가스 저감을 위한 에너지 기술개발에 혁신에 집중하고 있다.

광학적 식각 기술(photo-chemical etching technique)을 이용하여 제작할 수 있는 열교환기인 PCHE는 채널의 수력 직경을 감소(내 채널의 수력직경을 약 1 ~10 mm까지 감소)시킴으로 열교환 성능을 높이는 것을 목표로 한다. 확산접합법(diffusion bonding method)를 통해 내압성을 높임으로써 열교환 성능을 최대화하고 있다. PCHE는 얇은 금속판을 확산 결합하여 제조한다. 화학적 침식 기술을 사용하여 흐름 채널로 조각되므로 확산 결합 기술이 결정의 성장을 촉진하는 특징을 가지고 경량 및 높은 구조적 강도를 보인다. 확산 결합을 통해 생성된 마이크로채널 PCHE는 브레이징 공법에 의한 것보다 우수한 내열성 및 접합강도를 가지고 열저항이 거의 없으며 접합 시 마이크로채널의 감소 또는 막힘이 없는 장점을 가진다. 또한 우수한 생산 특성과 열 성능을 얻을 수 있다. 열교환기 본체 내에서 연구가 필요한데 특히 미세 유체의 압력 강하 특성에 대해 중요성이 증가하고 있다.이에 따라 본 연구에서는 수소 기체를 통한 열교환 유체의 성능 변화를 수치 해석적 방법을 통해 접근하고자 한다.

수전해 설비에 대한 비상상태 발생요인 도출

김현기, 김태훈[†], 이광원^{*}, 서두현^{**}, 이동민

호서대학교 안전공학과, ^{*}호서대학교 안전보건학과, ^{**}피에스피

Deduction of Emergency Situation Factors for Water Electrolysis Facilities.

Hyeon-ki Kim, Tae-hoon Kim[†], Gwang-won Rhie^{*}, Doo-hyoun Seo^{}, Dong-min Lee**

Department of Safety Engineering, Hoseo University,

^{}Department of Safety and Health Engineering, Hoseo University, ^{**}PSP*

요 약

수소를 생산하는 방식에는 다양한 종류가 있지만, 그 중 수전해 방식은 물을 전기분해하여 수소를 생산하는 방식으로써 다른 방식들과는 다르게 공해물질 및 온실가스가 배출되지 않는 그린수소를 생산할 수 있다.

현재 다양한 수전해 기술들이 개발 중이며 알칼라인 수전해 장치는 상용화를 준비중인 상태이다. 수전해 공정에는 다양한 잠재위험요인이 내재되어있다. 이에 대하여 비상상황을 미리 예측하고 비상상황에 따른 안전한 관리 및 대책이 필요한 실정이다.

KGS CODE AH271에 안전을 확보하기 위한 법적 사항이 정해져 있다. 특히 비상정지제어가 필요한 사항을 명시하고 있다. 하지만 각 장치 설비별로 구체적 방안이 마련되어있지 않아 현재 비상정지가 필요한 상황에 따라 이를 안전하게 제어, 관리할 대책들이 필요하다.

본 연구에서는 전해질로 알칼리 수용액을 사용하는 알칼라인 수전해 설비에 대하여 KGS CODE의 비상정지제어를 고려하고 그 밖의 사항들은 정성적 위험성평가인 HAZOP을 기반으로 비상상태가 발생할 수 있는 요인들을 도출하였다. 이를 토대로 비상상황을 정리하여 목록화 하였고 각 상황별로 주요 감지, 제어, 대응방법 등에 대하여 대책을 마련해 보았다.

감사의 글 : 본 연구는 에너지기술평가원 신재생에너지핵심기술사업(20203030040030)에 의하여 연구되었음에 감사드립니다.

수소공급기지 잠재위험요인 분석을 위한 HAZOP 연구

이충현, 김태훈*, 이광원, 서두현***, 이동민***

호서대학교 안전행정공학과, *호서대학교 안전공학과, **호서대학교 안전보건학과,
***피에스피

HAZOP study for analyzing potential risk factors for hydrogen supply bases

Lee Chung Hyun, Kim Tae-Hoon*, Rhie Kwang-Won,
Seo Doo-Hyun***, Lee Dong-min***

Department of Safety and Public Administration, Hoseo University,

**Department of Safety Engineering, Hoseo University,*

***Safety and Health Engineering, Hoseo University, ***PSP*

요 약

수소공급기지는 수소도시 내 수소 수요지 인근에서 LNG로 수소를 생산해 수소버스 충전소에 우선적으로 공급하고 잔여량은 인근 수소충전소에 공급하는 사업이다. 많은 양의 수소가 생산 및 저장이 되는 수소공급기지인 만큼 위험성이 기존 수소충전소보다 더욱 더 크다.

본 연구에서는 수소공급기지를 체계적으로 분석하고 공정 내 잠재된 유해위험요인 및 운영상의 문제점을 도출하기 위해 정성적 위험성평가인 HAZOP기법을 사용하였다. HAZOP위험성평가를 수행 중 NODE를 4개로 수소생산공정, 수소압축공정, 수소저장공정, 충전공정으로 나누었다. 위험성평가, 기계, 설계, 전기 등의 전문가로 구성하여 Brain storming을 통한 법적기준을 포함한 설계상 문제, 운영상 발생할수 있는 문제 그 외 외적요인의 의한 사고에 대해 원인과 결과를 도출하고 이에 대한 설계 변경 또는 안전관리 대책에 대하여 마련하였다. 평가대상에 대하여 총 171개의 위험요인에 대해 분석하였다.

본 연구를 통해 수소공급기지의 위험성을 도출하여 추후 발생할 수 있는 위험점을 알아보고 진행을 하였다. 결과를 토대로 개선권고사항을 조치 이행하여 잠재위험을 제거 또는 감소하도록 노력을 하였다. 도출된 위험성 및 개선권고사항을 바탕으로 수소공급기지 안전성 향상에 도움이 될 것이라 사료된다.

Acknowledgement : 본 연구는 2023년도 산업통상자원부의 재원으로 한국에너지기술평가원(KETEP)의 수소 전주기 통합 위험성평가 프로그램 및 액화수소 설비 안전기준 개발사업으로 지원받아 수행하였습니다. (No. 20215810100060)

KRISS 수소유량 현장교정시스템의 실증 연구

강 옹 · 신진우 · 백운봉

한국표준과학연구원

Research for On-site Test of KRISS Hydrogen Flow Field Test Standard

Woong Kang, Jin-Woo Shin, Un-Bong Baek
Korea Research Institute of Standards and Science

요 약

지구 온난화 및 대기 환경문제로 인해 친환경 자동차 개발에 대한 관심이 증대되면서, 정부는 수소경제 활성화 로드맵에 따라, 2040년 수소전기차 620만대와 수소충전소 1,200개소 구축을 목표로 다양한 정책을 수립하고 추진중이다. 현재 한국과 일본에서 개발 및 상용화되고 있는 수소전기차의 일반 사용자로의 보급 확대를 위해서는 수소 충전관련 인프라구축과 더불어 수소충전소와 수소전기차간의 수소충전 상거래 계량정확도 확보가 필요하다.

국내 수소충전소에 이송된 수소를 가압 및 단계 저장하여 디스펜서를 통해 수소전기차량에 공급하는 과정은 높은 압력의 변화(700bar)와 과도적인 온도(-40° C ~80° C)의 상태가 수반되기 때문에 기존의 유량측정방식으로는 정확한 유량측정이 어렵다. 현재 디스펜서 내부에는 코리올리스 질량유량계를 사용하고 있으나, 유량계의 신뢰성 확보를 위한 교정이 수소가 아닌 다른 매질(물)로 수소 주입시의 높은 압력이 아닌 상압에서 이루어지고 있다. 수소충전소에서의 수소전기차로의 수소충전 계량정확도를 확보하고, 수소충전소와 수소전기차를 이용하는 소비자들을 보호하기 위한, 상거래 질서 확립을 위해서는 국가측정표준에서 소급된 교정방법으로 실제 수소가 충전되는 고압, 저온의 조건에서 수소충전기내 수소유량계를 교정하는 기술이 필수적이다. 2018년에 개정된 국제법정계량기구(OIML) 규정은 정확도 등급(2, 4)에 따라 수소유량계의 최대허용오차를 1.5% ~ 2.0%으로 정하고 있으나, 고압 및 저온의 수소로 수소유량계를 교정할 수 있는 설비는 국내에는 전무하며, 외국 사례(일본, 미국)에서 초기 단계의 연구로 활용되기 시작하였다.

본 연구에서는 국가 유량 측정표준으로부터 소급된 중량식 현장교정방법으로 수소충전소에서 수소전기차로 수소가 주입되는 방식과 동일하게, 시스템내의 수소저장탱크에 고압, 저온조건으로 수소기체를 충전하고, 충전된 수소기체의 질량을 정밀 저울로 측정하여 계량정확도를 검증할 수 있는 KRISS 수소유량 현장교정시스템(KRISS Hydrogen Flow Field Test Standard)을 개발하였다. 또한 수소충전소 디스펜서의 계량정확도를 개발된 수소유량 현장교정시스템을 이용하여 국제법정계량기구의 규격에 따라 평가를 수행하였다.

액화수소 누출시험에 대한 최신 기술 동향

김정민, 강승규, 김승환, 이경식
한국가스안전공사 가스안전연구원

State of the art on Leak Test of Liquid Hydrogen

Jungmin Kim, Seungkyu Kang, Seunghwan Kim and Kyungsik Lee
Korea Gas Safety Corporation

요 약

수소는 온실가스 배출을 줄이는 하나의 방법으로 연구되어 수소 자동차와 연료전지를 중심으로 현재 다양한 영역에서 활용되고 그 요구량의 점차 확대될 것으로 예상된다. 그러나 현재의 고압 기체 저장과 공급 방식은 향후 증가량을 맞추기 어려워 다른 대량 운송과 저장 방법이 필요하다. 하나의 해결책으로 수소를 저온으로 액화시켜 활용하는 방안이 있다. 액화수소는 저압으로 대량의 수소를 공급하고 저장할 수 있어 효율적인 방법으로 보인다. 하지만 지금까지 한정된 영역에만 활용되어 산업 전반에 대규모 활용에 발생할 문제점들은 많이 논의가 이루어지지 않았다. 특히 국내의 경우 이제 본격적인 생산을 준비하고 있어 이러한 논의가 부족한 현실이다.

본 연구에서는 이러한 논의를 위하여 영국 Health and Safety Laboratory(HSL), 미국 Sandia National Laboratory(Sandia Lab.), 노르웨이 Det Norske Veritas Germanischer Lloyd(DNV GL) 그리고 유럽 공동 연구 PRESLHY 프로젝트에서 수행한 액화수소 실험, 이론 및 전산유체해석(CFD) 연구를 분석하였다. HSE는 다량의 액체수소 누출에서 확산범위, 풀 형성, 연소 특성, 폭발과 복사열에 대하여 관찰하였다. SNL은 실험실 규모의 수소 제트의 누출 및 연소시험과 실외 vent stack의 확산 실험을 수행하였다. 그 결과 다양한 압력, 온도 그리고 노즐 사이즈에 따른 혼합 거동, 수소 혼합율, 최대 점화지점, 복사열 등의 결과를 논의하였다. 그리고 실외 실험은 수평과 수직 vent에서 바람의 영향에 따른 확산 거동을 관찰하였다. DNV의 경우 HSL과 마찬가지로 실외에서 액화수소를 수평과 수직으로 분사하여 액화수소 포화도, 온도 결과를 기존 해석 모델과 비교하였다. 특징적으로는 각 공급 배관의 온도와 압력 상태를 확인하며 공급 조건의 신뢰도를 높였다. PRESLHY은 유럽 공동 연구로 실험실 규모의 실증 실험을 Karlsruhe Institute of Technology(KIT)에서 수행하고 이 결과를 바탕으로 다른 여러 연구기관에서 다양한 해석 모델들을 시험하며 검증을 진행하였다.

이러한 해외 연구 사례의 검토를 통하여 국내 액화수소의 안전한 생산과 활용에 이용될 수 있으며 향후 진행할 액화수소 누출 실증 시험의 설계와 진행에 활용하고자 한다.

본 연구는 수소충전인프라 안전 관리 핵심기술개발사업(과제번호 : 20215810100060) 연구비 지원으로 수행되었습니다.

메탄올 연료를 활용한 고체산화물연료전지 및 고분자전해질연료전지를 복합 적용한 선박 연료전지시스템의 설계 및 분석에 대한 연구

정진원, 신재웅, 김수현, 김대환, 권순형, 류보림*, 즈영판안*, 강호근**
한국조선해양기자재연구원, *한국해양대학교

A study on the design and analysis of a marine fuel cell system using a combination of a solid oxide fuel cell and a polymer electrolyte fuel cell using methanol fuel

Jinwon Jung, Jaewoong Shin, Suhyun Kim, Daehwan Kim, Soonhyung Kwon, Borim Ryu*, Phan Anh Duong*, Hogeun Kang**
Korea Marine Equipment Research Institute, *Korea Maritime & Ocean University

요 약

국제해사기구는 MARPOL Annex VI 발효를 통해 최근 문제가 되고 있는 선박으로부터의 NOx, SOx의 배출 규제를 강화하고 있다. 본 연구에서는 선박에서의 배출 규제에 대응할 수 있는 대표적인 친환경 대체연료인 메탄올을 연료로 사용하는 선박의 연료전지 시스템에 대해 연구를 진행하였다. 연료전지는 여러 종류가 존재하지만 본 연구에서는 선박의 운항 주기 및 운항 상태에 따른 선박의 전력 소모량을 추정하여 선박의 운항특성에 따라 고체산화물연료전지와 고분자전해질연료전지를 복합 적용하여 통합 추진시스템의 설계 및 분석을 진행하였다.

고체산화물연료전지는 운전시 고온의 열이 발생하며 가스터빈과 동시 운용시 높은 효율을 보이며, 고분자전해질연료전지는 비교적 효율이 낮지만 낮은 온도로 운용이 가능하며 빠른 응답특성을 가지고 있다. 선박의 특성상 안정적인 고부하 구간과 부하변동이 잦은 저부하 구간이 존재하며 본 연구에서 제안한 고체산화물연료전지와 고분자전해질연료전지의 복합 적용으로 문제 해결이 가능함을 확인할 수 있었다.

후 기

본 논문은 해양수산부 해양수산과학기술진흥원의 해양수산 신산업 기술사업화 지원사업인 “공정프로세서 기반 6.5K LNG 병커링선박 운전자 가상 훈련 시뮬레이터 개발(20220440)”의 연구비 지원을 받아 수행하였습니다.

A Study on Safety Assessment of Ammonia Release Process

Duong Phan Anh, Ryu Bo Rim, Jinwon Jung*, Mi Kyoung Song**, †Hokeun Kang***

*Korea Maritime and Ocean University, *Korea Marine Equipment Research Institute, **Korea Maritime Transportation Safety Authority, ***Korea Maritime and Ocean University*

Abstract

Ammonia is a potential fuel being considered for use in the maritime industry as an alternative to traditional fossil fuels, owing to lower emissions of greenhouse gases and other pollutants, as well as lower cost compared to other low-emission fuels. However, ammonia presents safety challenges due to its toxicity, corrosiveness, and flammability. Under certain conditions, ammonia leakage during bunkering can pose hazards, including dispersion of toxic gases and the creation of unsafe areas because of ammonia's flammability and toxicity. To assess the safety of ammonia release in the maritime sector, several factors need to be considered, including the quantity of ammonia, the location of the release, the weather conditions, and the response procedures in place.

This study reviews current guidelines and regulations for safety of ammonia bunkering. Studies in the literature on establishment of safety zone during bunkering process are also mentioned and analyzed. As a result, the knowledge gap and quantify methodology on risks assessment for ammonia release in current practice is pointed out and assessed. This study proposes a systematic approach for assessing the safety of ammonia release processes mentioning several factors, including the physical properties of ammonia, the design of the ammonia storage and handling system, and the potential consequences of an ammonia release considering factors like wind speed, direction, ship shape, and cargo condition.

The research provides useful insights by using case studies to show the level of dispersion of combustible gas that may occur during ammonia release, allowing ship designers, owners, and regulators to create better safety zone regulations for unintentional ammonia leaks during bunkering. This includes assessing the potential harm to people and the environment, as well as the economic impact of a release.

Keywords: Ammonia, Safety assessment, CFD, deterministic approach

Acknowledgement

This research was supported by Korea Evaluation Institute Of Industrial Technology (KEIT) grant funded by the Korea Government(MOTIE) (RS-2022-00144116). This research was conducted with the support of Korea Maritime Transportation Safety Authority (KOMSA) internal project named 'Establishment of safety zone for LNG

bunkering of small LNG fueled ships using tank lorry'. This research was supported by BB21plus, funded by Busan Metropolitan City and Busan Institute for Talent & Lifelong Education (BIT).

References

- [1] B. Ryu, P. A. Duong and H. Kang, "A Study on Safety Assessment for Low-flashpoint and Eco-friendly Fueled Ship" Journal of Navigation and Port Research, Vol. 47, No. 1, P. 25-36, February 2023,
<http://dx.doi.org/10.5394/KINPR.2023.47.1.2>

극저온 시험 설비와 선박운동모사장비를 활용한 조선해양기자재 성능 시험 방법 연구

전수성, 이장원, 고성진, 신득규, 김동진, 심규은
한국조선해양기자재연구원

A Study on Performance Test for Marine Equipment using Cryogenic Test Facility & Ship motion simulation Facility

Soosung Jeon, Jangwon Lee, Seongjin Ko, Deukgyu Shin, Dongjin Kim, Kyueun Shim
Korea Marine Equipment Research Institute

요 약

IMO 대기환경규제 및 해양환경규제(EEDI, NOx 및 SOx 규제 등) 강화에 따라 차세대 선박추진 방안으로 LNG 연료추진 방식이 제시되고 있고, 국내 대형 조선소를 필두로 LNG 연료추진 선박에 대한 기술 개발이 추진되고 있다. LNG 연료추진 시스템과 함께 LPG, 수소, 메탄올, 암모니아, 바이오 연료 등을 동력원으로 사용하는 친환경 연료 추진선박, 전기추진 선박, 하이브리드 선박, 연료전지 선박 등에 대한 연구도 활발히 진행되고 있다.

신개념의 선박이 등장함에 따라, 친환경 선박에 적용되는 기자재에 대한 연구 개발도 활발히 진행되고 있다. 일부 친환경 선박 기자재들은 선박 탑재 시 성능 및 안전성을 평가하기 위해 기자재가 실제 운영되는 선박의 동적 운동 상황을 모사하여 시험을 수행할 필요가 있다.

한국조선해양기자재연구원에서는 극저온용 기자재에 대해 실제 선박 운영 상황(실제 유체 사용 및 선박 운동 구현)을 반영하여 성능 및 안전성 시험 평가를 수행할 수 있는 장비를 구축하였다. 시험 장비는 시험 대상품에 극저온 유체(LNG, LN2등)를 공급하는 설비와 선박운동모사장비로 구성되었다. 본 논문에서는 극저온 시험 설비와 선박운동모사장비를 활용한 조선해양기자재 성능 시험 방법에 대한 연구 내용을 기술하였다.



그림 1. 극저온 시험 설비 & 선박운동모사 장비

E발표장

E-1	· 주제: 일반세션2. 안전환경/도시가스/설비·이용 · 일시: 2023년 5월 25일(목), 10:00-12:00
E-2	· 주제: 특별세션7. 충북 그린수소 산업 규제자유 특구 · 일시: 2023년 5월 25일(목), 13:00~16:30
E-3	· 주제: 일반세션7. 안전환경 · 일시: 2023년 5월 26일(금), 09:00-12:0

아차사고 발굴 시스템 비교분석 및 가스 사고-아차사고 관계분석

이동현, 신동일

명지대학교 화학공학과 지능형시스템연구실

Comparative analysis of near miss discovery system and gas accident-near miss relationship analysis

Donghyeon Lee, Dongil Shin

Intelligent Systems Engineering Lab, Dept. of Chemical Engineering, Myongji University

요 약

아차사고란 통상적으로 인적·물적 피해가 없는 사고를 의미한다. 이전 연구들에서는 Heinrich와 Bird의 사고 비율 피라미드를 기반으로 아차사고를 발굴하고 조치함으로써 사고를 예방할 수 있다는 주장이 제시되었다. 이에 따라 아차사고 관리 시스템(Near-Miss Management System, NMS)이 제안되어 많은 기관에서 NMS를 운영 중이다. 하지만 다양한 기관이 NMS를 진행 중임에도 불구하고 실제로 아차사고의 발굴이 사고에 미치는 영향을 분석한 사례는 매우 적다. 또한 아차사고의 발굴이 실제로 사고 예방의 과정인지에 대한 비판적인 분석도 존재한다. 이에 본 연구에서는 국내의 가스사고 및 아차사고 데이터를 기반으로, 사고:아차사고 비율의 성립여부와 상관관계 및 인과관계 분석을 진행하였다. 그 결과 아차사고와 사고의 인과관계에 대한 근거를 찾을 수 있었으며, Heinrich, Bird 및 Tye와 Pearson의 비율과 같은 형태로 가스사고 특유의 비율을 도출하였다. 또한 아차사고의 발굴이 증가하면서 사고가 감소하는 경향성을 확인할 수 있었다. 연구를 통해 가스산업에서 아차사고 발굴의 중요성과 사고예방 및 안전관리 측면의 영향력을 다시 한번 확인할 수 있었기에, 규제 기관만의 노력이 아닌 가스산업 전반에서 자발적인 아차사고 발굴 및 공유 노력을 통해 빅데이터 시대의 사고예측에 기반한 선제적 안전관리가 달성될 수 있기를 기대한다.

화재 사고 예방을 위한 리튬 이온 배터리 화재 시 오프가스 분석

한지윤, 정승호*

아주대학교

Analysis of Off-gas on lithium-ion battery fire for fire accident prevention

Ji Yun Han, Seungho Jung*

Ajou University

요 약

리튬 이온 배터리는 높은 에너지 밀도를 갖는 특성으로 다양한 분야에서 활용되고 있다. 작게는 휴대전화부터 노트북, 전기자동차 등과 크게는 대용량 에너지저장장치까지 사용되고 있어 유용한 에너지 저장 수단으로 쓰이고 있다.

하지만 최근 들어 전기자동차 화재, ESS 화재 등 리튬 이온 배터리에서 화재가 지속적으로 발생하고 있으며 큰 사고로 이어지고 있다.

리튬 이온 배터리 화재의 특징은 열폭주 현상(thermal runaway)이다. 열폭주 현상으로 인한 고온은 화재를 진압하는 데에 큰 어려움을 준다. 또한 이때 고온 및 고열량 뿐만 아니라 유독가스들이 함께 발생하게 된다. 리튬 이온 배터리 화재 발생 단계를 보면 온도 상승으로 전해액의 분해가 일어나고 셀이 벤팅(venting) 되면서 열폭주 발생 전에 오프가스를 방출하는 것으로 알려져 있다. 따라서 오프가스를 분석함으로써 열폭주가 일어날 수 있음을 감지할 수 있을 것이다. 즉, 오프가스의 분석은 열폭주 이전의 알람이 될 수 있으며 리튬 이온 배터리 화재 예방을 위한 조기 감지와도 직결될 수 있다. 리튬 이온 배터리 화재시 발생 가능한 오프가스를 분석하여 이에 대한 정보를 알 수 있다면 이를 바탕으로 리튬 이온 배터리 화재를 예방할 수 있을 것으로 보인다.

본 연구에서는 열폭주의 원인이 되는 리튬 이온 배터리 전해액의 열분해시 발생하는 오프가스들을 STA-MS(Simultaneous Thermal Analysis-Mass Spectrometry)의 질량 분석 스펙트럼을 통하여 확인하였고 발생온도를 측정하였다. 분석 결과, 일반적으로 알려진 CO, CO₂ 외에도 P와 F를 포함하고 분자량이 큰 OPF₃, PF₃ 등의 유독가스들 또한 발생하는 것을 확인하였다. 이렇게 발생 가능한 오프가스들의 종류를 알고 측정온도를 열폭주 발생 전후의 온도와 비교하였고 리튬 이온 배터리 화재 예방을 위한 데이터로 사용될 수 있을 것이다.

본 결과물은 환경부의 재원으로 한국환경산업기술원의 화학사고 예측·예방 고도화 기술개발사업사업의 지원을 받아 연구되었습니다.(2022003620003)

수소전기차 탑재 수소저장탱크의 사고 확산 피해예측: CFD, 회귀식 및 기계학습 모델 비교

장동국* 신동일**

*명지대학교 재난안전학과, **명지대학교 화학공학과 지능형시스템연구실

Consequence analysis of gas dispersion for accidents in a hydrogen storage tank of hydrogen electric vehicles: Comparison of CFD, regression and machine learning models

Dongkuk Jang*, Dongil Shin**

*Intelligent Systems Engineering Lab, Dept. of Disaster and Safety, Myongji University

**Intelligent Systems Engineering Lab, Dept. of Chemical Engineering, Myongji University

요 약

수소경제 체제로의 전환과 더불어 이용자의 증가는 다양한 탑재 수소저장탱크의 누출, 화재 및 폭발 피해예측을 포함한 수소전기차의 정량적 리스크 평가를 요구하고 있다. 사고 시나리오 모두에 대한 CFD 상세 시뮬레이션은 시간과 자원의 소모가 크고, 실험 또한 비용과 위험성 측면에서 부담이 상당하기에, 상대적으로 사용이 간편하고 다양한 사고 조건 및 환경 반영이 가능하면서도 요구 정확도를 일정수준 만족하는 피해예측모델의 개발은 수소전기차 및 수소 사용 시스템의 안전설계에 있어 유용성이 높다. 이런 목적의 프로그램으로 공개 데이터와 모델 기반으로 개발된 Sandia National Lab의 HyRAM+와 Gexcon사의 Effects가 있지만, 수소전기차 사용 특성 반영의 관점에서 개선이 요구되어, 본 연구는 CFD, 회귀식 및 기계학습 기반의 피해예측 모델들이 갖는 가능 성능 및 장단점을 비교 분석하였다. 먼저 수소저장탱크 탑재 차량의 중요 사고 시나리오를 도출하고, 향후 화재 및 폭발 피해예측에서 정확도를 좌우할 확산 현상 예측을 주 비교대상으로 선정하였다. 이후 다양한 누출 조건과 차량 및 사고발생 장소의 지형적 특성에 따라 저장탱크 특성, 내부 장애물, 장소 특성을 반영한 외부 장애물 및 환경조건 등을 반영하여 수소 확산에 대한 CFD 확산 시뮬레이션을 진행하고 빅데이터를 구축하였다. Reduced-order model 개발은 확산 피해예측 분야에서 기존 제안된 모델식중 Method of Moments, Gaussian 모델 등을 분석해 누출 속도 및 시간, 수소탱크의 용량, 장소 등을 주요변수로 선정하고 비선형회귀식을 개발하였으며, 보다 높은 정확도를 보장하는 기계학습기반 예측모델도 개발하여, 각 모델의 특성과 유용성을 비교하였다.

암모니아 분해공정의 질소를 활용한 에너지 저장시스템 연구

윤문규, 이춘식, 염충섭
고등기술연구원

The Study on Energy Storage System using Nitrogen from the Decomposition of Ammonia

Munkyu Yoon, Chunsik Lee, Choongsub Yeom
Institute for Advanced Engineering

요 약

청정수소 생산을 위한 여러 방안 중 저압, 고온에서 액체이며 액화 저장과 운송이 쉬운 암모니아를 활용해 수소를 생산하는 방법이 주목받고 있다. 암모니아 분해 공정을 통한 수소생산 공정은 고전적인 방법 중 하나로, 단순하고 경제적인 장점을 가지고 있으며 최근에는 암모니아 분해 공정에서 발생하는 배출물을 다시 활용하는 연구가 진행되고 있다. 이를 통해 암모니아 분해 공정의 환경적인 문제점을 해결하면서, 수소 생산의 경제성과 효율성을 높일 수 있다.

본 연구에서는 암모니아 탈수화 공정을 통해 생성된 질소를 액화하여 저장하고 기화하여 발전하는 공정을 모사하고 질소 액화 에너지 저장 장치의 효율성과 열성능에 대해 연구를 수행하였다.

후 기

본 연구는 한국기계연구원 주요사업 “대용량 액체공기 에너지저장 핵심기계기술 개발”의 지원으로 수행되었음. (NK237F)

도시가스 내 수소 혼입을 상정한 가스 호환성 검증법 검토

민세훈*, 조현석*, 장일신**, 신재훈**, 장기현**, 문석수**, 이창언**

*인하대학교 수소기반 차세대 기계시스템 KIURI 연구단, **인하대학교 기계공학과

A Study on the Gas Interchangeability Methods for Hydrogen Blending in Natural Gas

Se Hun Min*, Hyun Seok Cho*, Yichene Zhang**, Jae Hun Shin**, Gi-Hyun Jang**, Seok Su Moon**, Changeon Lee**

*KIURI Center for Hydrogen Based Next Generation Mechanical System,

**Department of Mechanical Engineering, Inha University

요 약

전 세계적으로 화석 연료의 사용으로 인한 대기오염물질 배출 문제는 지속적으로 대두되고 있다. 이에 따라 가스기기에서 발생하는 CO₂의 배출량을 저감하기 위한 방안이 필요한 실정이다. 현재 국내에서 사용하는 가스기기 연료는 대표적인 화석 연료 중 하나인 도시가스로 메탄(CH₄) 90% 이상으로 구성되어있어 CO₂를 배출하고 있다. 반면, 수소는 탄소를 포함하고 있지 않아 탄화수소계 연료를 대체할 연료로써 CO₂ 배출 저감과 2050 탄소중립 달성을 위한 연료로 많은 주목을 받고 있다. 현재는 수소 생산량 및 공급 인프라가 부족하여 천연가스를 완벽히 대체하여 수소 전소로의 전환은 어려운 실정이다. 이에 유럽과 미국 등에서는 현재 사용하고 있는 도시가스에 수소를 혼입하는 방안을 검토 중이며 국내의 경우 2026년 수소 혼입 도시가스 공급을 목표로 호환성 연구를 진행할 계획이다. 하지만, 수소는 도시가스의 주요 성분인 메탄과 비교하면 가연범위, 연소속도, 발열량 등에서 큰 차이를 가지고 있기 때문에 수소 혼입을 위해서는 먼저 가스 호환성을 검토해야 한다.

가스 호환성이란 동일한 가스 공급 조건에서 가스 연료를 변경 시 가스기기의 화염 안정성 및 발열량, 등에서 차이가 허용범위 이내 인지 판정하는 것이다. 해외의 경우 실험 및 수치해석 연구에서 도시가스에 수소 혼입 정도에 따라 물성치 및 연소 특성의 변화에 따라 웨버지수(WI; Wobbe Index), 역화 경향, 화염 부상 한계, Soot 지수 등의 변화를 확인한 연구가 보고된 바 있다. 국내의 경우 등가가스를 이용하여 천연가스의 조성변화에 따른 화염안전성 및 연소기기 호환성 판정법에 대한 연구가 이루어진바 있으나, 수소 혼입을 고려한 연구는 미비한 실정이다. 호환성 판정법에 이용하는 등가가스는 3종의 가스조성(메탄, 프로판, 질소)을 조절하여 웨버지수와 비중이 실제 연료 가스와 같게 하여 물성과 연소 특성을 모사한 것이다. 등가가스로 모사된 임의의 연료는 불완전 연소 지수, 화염 부상 지수, 역화 시험 등을 통해 가스의 호환성을 판정한다. 본 연구에서는 국내 도시가스의 웨버지수 범위 및 호환성 판정범위에서, 수소가 혼입을 고려한 4종(메탄, 프로판, 수소, 질소)으로 구성된 등가가스를 이용하여, 연료 물성치의 변화 및 연소 특성 지수들의 변화를 검토하여 국내 실정에 적합한 수소 혼입 한계 및 새로운 호환성 판정법, 판정범위를 도출하기 위한 방법을 고찰해보고자 한다.

정압설비 관리를 위한 기계학습 활용 연구

이다연, 박현우*, 김현진*, 번가원*, 샤피 쿠슈부*, 진서훈**

고려대학교 융합기술시스템공학협동과정 석사과정,

*고려대학교 응용통계학과 석사과정,

**고려대학교 응용통계학과 교수

A Study on the use of Machine learning for Managing Gas Governor

Dayeon Lee, Hyunwoo Park*, Hyeonjin Kim*, Jiayuan Fan*, Khushboo Shafi*,
Seohoon Jin**

Program in Converging Technology And Standardization, Korea University,

**Department of Applied Statistics, Korea University,*

***Department of Applied Statistics, Korea University*

요약

전국 각 지역의 34개 일반도시 가스 사업자는 원격 감시장치를 포함한 정압기 시설을 설치하여 운영하고 있다. 일반 소비자에게 안정적인 가스공급을 위해서 정압기 관리가 중요하나, 도시가스 정압기 및 부속시설이 점점 노후화됨에 따라 그 위험성이 증대되고 있다. 따라서 노후화된 시설들을 효율적으로 관리하기 위해 정압기의 압력이 높아지거나 낮아지는 이상치를 실시간으로 탐지하여 안정적인 도시가스 공급할 필요가 있다. 본 논문은 도시가스 배관압력 이상 탐지 모델을 제안함으로써 정압기 압력관리 전문가의 압력 조절에 도움을 주는 것을 목적으로 한다. 배관압력에 영향을 줄 수 있는 날씨 데이터 중 상관관계가 높은 기온, 풍속 변수를 선택하여 분석을 진행하였다. 본 연구에서는 VAR, LSTM-AE, MTAD-GAT 등의 방법론을 실제 데이터에 적용해 비교하였다. 각 모델의 성능평가는 F1 score를 활용하였다.

바이오가스를 활용한 그린수소 생산기술 및 운전 평가

장은석, 홍기훈, 박철우
고등기술연구원, 수소에너지솔루션센터

Evaluation of Green Hydrogen Production Technology and Operation using Biogas

Eun-Suk Jang, Gi Hoon Hong, Cheolwoo Park
Hydrogen Energy Solution Center, Institute for Advanced Engineering

요약

전 세계적으로 온실가스 감축을 통한 탄소 중립 실현을 위한 변화된 환경에 대응하기 위해서 친환경에너지에 대한 수요가 급증하고 있다. 수소에너지는 고갈될 우려나 지역적 편중이 없고 환경오염물질을 배출하지 않으면서 에너지 저장과 운송에 유리하여 친환경에너지로 관심이 높아지고 있다. 현재까지 생산된 수소는 대부분 화석연료로부터 생산되는 부생수소로 탄소 중립 실현을 위한 청정에너지가 되기 위해서는 이산화탄소 배출이 거의 없는 그린수소의 생산이 중요하다. 재생에너지를 활용한 수전해 방식이 가장 대표적인 방법이지만 그린수소 생산방식의 다변화를 위한 대안이 반드시 필요하다. 유기성 폐자원의 처리과정에서 발생하는 바이오가스를 활용한 수소생산은 유럽에서는 그린수소로 인증되고 있으며, 지자체별로 발생 음식물, 축산분뇨, 하수처리 과정에서 발생하고 있어 분산형 수소생산기지 구축에 적합하다.

본 연구에서는 국내 최초 바이오가스를 활용한 수소 마더스테이션인 충주바이오그린수소충전소 구축, 관련 규제특례 및 증설 내용을 소개하고 22년 3월부터 상업운전 중으로 설비 가동율과 고장 특성을 분석하여 운전성능을 평가하였다.

Keyword: 바이오가스, 그린수소, 마더스테이션, 운전성능평가, 규제자유특구

사사

본 연구는 중소벤처기업부의 규제자유특구혁신사업육성 지원에 의한 연구임 (P0020120)

바이오가스 전처리설비 성능개선을 통한 유기성 폐자원 바이오가스화 시설의 상용화 운전

선지윤, 김준, 박성균, 임태형
(주)서진에너지

Commercial Operation of Biogas Facility with Improvement of Biogas Pretreatment Capacity

Jiyyun Seon, Jun Kim, Seungkyun Park, Teahyoung Lim
Seojin Energy Co. Ltd.,

요 약

온실가스의 배출규제가 강화됨에 따라 온실가스의 감축과 신재생에너지의 확보가 가능하다는 장점으로 음식물 쓰레기, 하수슬러지, 가축분뇨 등 유기성 폐자원을 활용한 바이오가스 생산시설이 주목받고 있다. 60% 메탄과 40% 이산화탄소로 구성된 바이오가스는 전처리 및 고질화공정을 통해 메탄함량 95% 이상인 바이오메탄을 도시가스, 차량연료 및 수소원료로 활용할 수 있다. 이때, 바이오가스를 도시가스, 연료 등으로 활용하기 위해서는 장비 부식 및 마모를 유발하는 수분, H₂S 등을 제거하기 위한 전처리 공정이 필수이다. 충청북도 C시에 소재한 음식물을 활용한 바이오가스 생산 및 활용시설을 대상으로 바이오가스 전처리 설비를 바이오가스 내 황화수소를 줄이기 위해 혐기소화조 내 철염 주입설비, 건식탈황을 보완하고, 수분에 의한 흡착효율이 저하되는 것을 방지하기 위해 제습기를 추가 설치하였다. 황화수소 및 수분 제거를 위한 전처리 설비를 보완함에 따라 바이오메탄 생산량이 증대한 것을 확인하였다. 또한 유기성 폐자원 중 하수슬러지의 혐기소화하는 하수처리장을 대상으로 바이오가스를 정제 및 고질화하여 바이오메탄으로 활용하기 위해 바이오가스 전처리 설비를 구축하였다. 바이오가스 전처리 설비의 처리용량은 145m³/h이며, 수분, 황화수소, 실록산을 제거하기 위한 설비를 구성하여 현재 설계 중에 있다.

바이오가스 고질화를 위한 기체분리막 공정 연구

이충섭, 임진혁, 공동욱, 정수정, 심재훈, 이재규, 백은별, 이창진, 하성용
(주)에어레인

Study of Gas Separation Membrane Process for Biogas Upgrading

Chung Seop Lee, Jin Hyuk Yim, Dong Wook Kong, Su Jeong Jeong, Jae Hoon Shim, Jae Gyu Lee, Eun Byeol Baek, Chang Jin Lee, Seong Yong Ha
AIRRANE Co., Ltd

요 약

Biogas is a clean and environmentally friendly fuel produced by bacterial conversion of organic waste under anaerobic conditions. Raw biogas contain about 60~65mol.% methane (CH₄), 35~40mol.% carbon dioxide (CO₂), traces of hydrogen sulfide(H₂S), Siloxane and water vapour. In order to remove CO₂ and other impurities, the biogas upgrade technologies have been developed by absorption process, adsorption process, membrane process.

In this study, polymeric gas separation membrane was applied to biogas upgrading process. The membrane process design was focused on enhancing methane recovery(methane slip) from biogas with various operating conditions. To reduce the loss of methane, multi-stage process was designed and the result showed more than 97% purity of methane with less than % loss of methane.

This paper describes the membrane process design for biogas upgrading and its optimized operating conditions were also described.

바이오가스 기반 수소추출설비 실증 및 운영

김형수, 임성탁, 김대웅
현대로템(주)

Operation of Biogas based Hydrogen Production Facility

Hyeongsoo Kim, Sungtak Lim, DaeWoong Kim
Hyundai Rotem Company

요 약

음식폐기물과 가축 분뇨, 하수슬러지 등에서 발생하는 바이오가스를 기반으로 시간당 300 Nm³의 수소를 생산하는 설비가 2020년 충주 수소융복합충전소에 설치되어 가동되고 있다. 바이오 폐기물에서 발생하는 메탄과 이산화탄소 등의 온실가스 배출량은 지속적으로 증가하고 있어 이를 정제, 고질화한 바이오가스를 활용한 친환경 블루수소의 생산 및 공급은 탄소중립 사회의 구현에 기여할 것을 기대되고 있다. 정부가 제시한 제1차 수소경제 이행 기본계획에 따른 2050년 블루수소 생산 및 공급 계획의 30% 이상을 바이오 수소가 담당할 수 있을 것으로 예상된다. 본 발표에서는 하수처리 바이오가스로부터 고순도 수소를 추출하고, 이 과정에서 발생하는 이산화탄소를 포집하여 액화 등 후공정으로 보내 활용하는 블루수소 생산 공정 및 설비에 대하여 설명한다.

바이오가스 기반 수소 생산·활용 실증 위험성평가

박명남, 장은석*, 홍기훈*, 김현승**

(주)스페이스, *고등기술연구원 플랜트공정개발센터, **서울대학교 화학공학과

Risk assessment for biogas-based hydrogen production·utilization

Myeongnam Park, Eun Suk Jang*, Gi Hoon Hong*, Hyunseung Kim**

*Department of technical, SPESYS, A 1912 Giheung ICT Valley SK VI, 58-1,
Giheung-ro, Giheung-gu, Yongin-si, Gyeonggi-do, 16976, Republic of Korea*

**Plant Process Development Center, Institute for Advanced Engineering, 175-28
Goan-ro 51 beon-gil, Baegam-myeon, Cheoin-gu, Yongin-si, Gyeonggi-do, 17180,
Republic of Korea,*

***School of Chemical and Biological Engineering, Seoul National University, Gwanak-ro
1, Gwanak-gu, Seoul, 08826, Republic of Korea*

요 약

탄소중립 이행에 따른 안정적인 친환경 연료를 공급하기 위한 일환으로 국내 최초로 충북 규제자유특구 지역에서 충주시의 바이오가스 기반 수소 생산 및 활용을 위한 실증 사업이 활발히 진행되고 있다. 이는 직공급 바이오가스에 대한 규제자유특구 사업을 통해, 연료비 및 운송비를 획기적으로 줄여 지자체의 탄소중립 이행과 안정적인 에너지 공급에 따른 경제적 효과까지 동시에 얻을 수 있다. 하지만, 기존의 법적 규제 적용을 받지 않기 때문에 안정적인 실증사업과 상용화 단계에서의 지속적인 운영이 가능케 하기 위해서는 적절한 위험성평가를 통해 잠재적 위험요인을 도출하고 제거 및 최소화 하기 위한 노력이 반드시 필요하다.

본 연구에서는, 기존 법규 분석으로 부터 안전사항에 대한 검토 와 바이오가스 전처리 공정, 수소추출 및 이산화탄소 활용 등의 공정 및 패키지 설비를 대상으로 Hazard and operability (HAZOP) study를 일부 실시하여, 19건의 개선사항을 도출하여 반영하였다. 또한, 공정별 취급되는 유체의 특성 및 운전 조건에 따른 재질 선정에 대한 평가, 피해범위와 위험도를 예측하기 위한 Consequence Analysis (CA) 평가로부터 실증사업에서의 위험요소를 도출하였으며, 이를 통해 실증사업 진행상의 안전성이 확보되고, 설비 제작사에게 정보를 제공하여 위험요인을 제거 및 최소화 하는 방안을 마련하게 되었다. 향후 방폭지역 구분, FMECA(Failure Mode, Effects & Criticality Analysis) 그리고 매설배관 부식 위험성평가를 통해 실증사업의 안전성 확보와 상용화 시 안정적인 운영 방안이 마련될 것으로 판단된다.

Key words: 위험성평가, 수소생산, 수소안전, HAZOP, CA, FMECA, 방폭지역, 설비고장, 배관 부식

수소 생산·활용 실증 통합공정 및 설비 고장 예지 이상진단 모니터링 시스템

송민영*, 장은석**, 홍기훈**, 김현승***

* (주)스페이스, ** 고등기술연구원 플랜트공정개발센터, *** 서울대학교 화학공학과

Hydrogen production·utilization demonstration integrated process and facilities failure predicition abnormality diagnosis monitoring system

Myeongnam Park, Eun Suk Jang*, Gi Hoon Hong*, Hyunseung Kim**

*Department of technical, SPESYS, A 1912 Giheung ICT Valley SK V1, 58-1, Giheung-ro,
Giheung-gu, Yongin-si, Gyeonggi-do, 16976, Republic of Korea

**Plant Process Development Center, Institute for Advanced Engineering, 175-28 Goan-ro 51
beon-gil, Baegam-myeon, Cheoin-gu, Yongin-si, Gyeonggi-do, 17180, Republic of Korea,

***School of Chemical and Biological Engineering, Seoul National University, Gwanak-ro 1,
Gwanak-gu, Seoul, 08826, Republic of Korea

요 약

충북규제자유특구에서 시행중인 바이오가스 직공급 수소생산 및 충전설비 구축 사업은 탈규제에 따른 수소생산과 친환경 에너지 공급 설비의 안정성과 안전을 확보해야 하며, 이는 통합 운전 모니터링 및 설비 이상진단 시스템 구축 통해 구현이 가능하다. 본 연구에서는 FMECA 기반 이상진단 알고리즘을 적용하여 디지털 트윈 기반의 통합 공정 모니터링과 공정 예측 진단 및 설비 건전성 관리 기술의 시스템 구축 하고자 하였다. 수소에너지 생태계의 표준화 방안으로 마련될 수 있는 기반 기술의 적용이 가능케 하도록, 주요 설비인 reformer, chiller, compressor, CO₂ 포집 설비 등 고장 예지에 따른 이상진단과 공정 상태를 실시간 모니터링하여 수소 생산부터 충전소까지 전주기 안전운전 및 설비 예지보전을 구현할 예정이다. 이를 위해, 상시 중앙측정 방식을 통한 데이터 취득 방안 마련(PLC 연계)과 다중회귀분석 기법, 예지 이상진단 모니터링을 위한 주요 공정별 dependent 및 independent variable 분류, 운전 패턴 및 설비 수명주기에 따른 최적 정비 시점 예측, 실시간 운전 데이터 분석 및 alarm에 따른 action planning 등의 모니터링 모듈 구축을 통해 공정 상태와 실시간 설비 고장 예지 이상진단 모니터링을 구축함으로써, 수소 생산부터 충전까지 생애주기 중심의 바이오가스 기반의 친환경 수소 에너지 시스템의 표준화로 활용될 것으로 판단된다.

Key words: 실시간, 기계학습, 수소안전, 모니터링, 예측진단, 디지털 트윈, 이상진단, 생애주기, 표준화 방안

간이 수소 품질 검사의 분석 오차 감소를 위한 절차

남웅식, 신국선, 민경석
(재)FITI시험연구원

Utilization of Quality Standards and Quality Inspection Methods

Woong-Sik Nam, Kook-sun Shin, Kyung-Seok Min

*FITI Testing & Research Institute, (28115)21, Yangcheong 3-gil, Ocahng-eup,
Cheongwon-gu, Cheongju-si, Chungbuk, Korea*

요 약

세계적으로 온실가스, 미세먼지 등 에너지 환경 변화가 가속화됨에 따라 환경규제가 강화되고 화석연료의 고갈 문제가 대두되면서, 친환경성이 매우 높은 수소가 부상하고 있다.

수소는 열과 전기를 생산하면서 온실가스와 미세먼지 등 유해물질 배출이 없는 친환경 에너지로써, 재생에너지를 활용한 수소 생산 시 탄소 중립 실천이 가능하고 산업 전반에 걸쳐 다양하게 활용될 전망이다.

이에 따라 해외 선진국을 중심으로 수소 시장 선점을 위한 정책을 수립, 발표하고 있으며, 국내도 대기업을 중심으로 수소 생산에 투자를 확대 중이다.

수소의 생산자가 많아지면서, 작업 환경, 생산 방식에 따라 품질의 수준이 다양할 것이므로 생산자가 품질을 확인하기 위해 간이 검사를 진행할 때 여러 가지 환경에 따라 오차가 발생할 수 있다. 본 내용은 이러한 작업자의 오차를 줄이기 위한 검사 방법의 절차를 제안하고자 한다.

Keywords: 수소분석, 간이분석, 오차, 검사절차

바이오가스 기반 온사이트 그린수소충전소의 경제성 분석

홍기훈¹, 장은석¹, 송형운¹, 박철우¹

¹고등기술연구원, 17180 경기도 용인시 처인구 백암면 고안로 51번길 175-28

Economic analysis of On-site Green Hydrogen Production Technology and Operation using Biogas

Gi Hoon Hong¹, Eun-Suk Jang¹, Hyoungwoon Song¹, Cheolwoo Park¹

¹*Institute for Advanced Engineering, 175-28, Goan-ro 51 beon-gil, Baegam-myeon,
Cheoin-gu, Yongin-si, Gyeonggi-do, 17180, Republic of Korea*

요약

최근 급격한 기후변화로 인해 변화된 환경에 대응하기 위해서 COP21 및 COP25 등 국제기후협약으로 전 세계적으로 온실가스 감축을 통한 탄소 중립 실현을 위한 친환경에너지 수요가 급증하고 있다. 기존 그린수소 생산은 신재생에너지를 활용한 수전해 방식이 대표적인 방식이나, 바이오가스 기반의 수소에너지 생산기술은 탄소 중립적 원료를 사용하여 이산화탄소 배출량이 극히 적어 그린수소에 준하는 생산방식이며, 유기성 폐자원에 기원하기에 지역적 편중이 없어 분산형 수소생산기지 구축에 적합하다.

본 연구에서는 바이오가스를 기반으로 수소를 생산, 저장, 활용하는 500 kg/d급 온사이트 그린수소충전소를 모델링하고, 편익 및 수익성 분석을 포함하는 경제성분석을 진행하고 민감도분석을 통해 수익성 향상 방안을 도출하였다.

Keyword: 바이오가스, 그린수소, 경제성분석, 민감도 분석

자동차 다기능 스위치 시스템의 고장사례 연구

이일권, 국창호, 이정호, 함성훈, 이영숙, 이승용, 김지현, 한승민*, 이재강*, 황우찬*
 대림대학교 미래자동차공학부, 대림대학교 대학원 미래자동차과 석사과정*

A Study for Failure Examples of the Multifunction Switch System in a Car

Il Kwon Lee · Chang Ho Kook · Jeong Ho Lee · Sung Hoon Ham · Young Suk Lee · Seung Yong Lee · Jee Hyun Kim · Seung Min Han* · Jae Gang Lee* · Woo Chan Hwang* ·

*Division of Automotive Engineering, Daelim University College,
 Graduate School of Automotive Engineering, Daelim University College**

1. 서론

자동차는 인간의 삶의 방식을 획기적으로 바꾸어 놓은 최고의 발명품이다. 초기에 자동차가 발명되어 도로를 주행할 때 사람들은 자동차를 하찮은 사치품으로 생각하였으나 시간이 가면서 자동차의 기능이 보완되고 대량생산에 의한 보급이 확대되면서 최고의 생활필수품으로 인간의 삶에 많은 변화를 가져왔다. 또한 초기에는 기계, 금속재료, 전기, 화학등의 분야에서 시작한 자동차산업이 점차적으로 전자화되고, 자동제어되면서 이와 관련된 정보통신기술의 접목으로 인하여 모든 산업분야로 확대되었다. 최근에는 우주항공기술뿐만 아니라 인문학과와의 융합을 통한 다양한 파생상품으로 확대되고 이를 선진국에서는 자국산업의 경쟁력을 높이는 모토로 삼아 육성하고 있다. 선진국을 중심으로 자동차산업을 최고의 가치 있는 산업으로 육성하고 있다고 해도 지나친 표현이 아니다.

자동차의 운행에 있어서 무엇보다도 중요한 것이 안전운행이다. 이러한 목적을 위해 자동차에는 다기능시스템이라는 장치를 사용하고 있다. 다기능시스템에는 와이퍼 및 와이셔시스템과 점등스위치 시스템이 조합되어 있다. 운전자는 자동차를 운행할 때 기후의 변화에 의해 운행중에 비가 내리거나, 눈이 내릴 때가 있다. 이러한 때는 전방의 시야가 확보되어야 안전한 운전을 할 수 있다. 와이퍼와 와이셔시스템을 적절하게 작동하여 운전중 시야를 확보하여야 한다. 또한, 운전자가 자동차의 운전을 할 때 어둠에 의해 전방을 식별할 수 없는 상태가 되거나 안개가 끼여 시야를 확보할 수 없을 때는 조명장치를 작동해야 한다. 그리고 도로를 운행할 때 운전자가 다른 운전자에게 운행방향을 변경하는 신호를 보내 방향지시등을 작동하려면 이에대한 작동스위치를 사용해야 한다. 이러한 목적으로 사용하는 것이 방향지시등을 제어하는 점등시스템이다. 이러한 시스템은 운전자가 운전을 할 때 항상 정상적으로 작동해야 한다. 최근에는 전자제어 센서시스템[1]에 의해 빛의 상태를 감지해 자동으로 감지하는 자동점등시스템도 적용되고 있다.

이 논문은 자동차의 다기능스위치 시스템의 내구성부족, 기계적이고 전기전자적

인 고장현상 등의 고장사례를 조사하고 이를 분석하여 이에 대한 개선 및 연구방향을 제시하고자 한다.

2. 이론적 배경

2.1 다기능 스위치의 개요

자동차의 다기능 스위치(Multi-function switch)는 자동차의 핸들에 좌우에 장착되어 운전자가 앉았을 때를 기점으로 우측에는 자동차의 유리에 묻은 이물질을 제거하는 와셔시스템을 제어하는 각종 스위치가 부착되어 있고, 좌측에는 전조등과 미등, 안개등, 방향지등시등과 같은 점등과 방향지시를 제어하는 점등(lighting)제어 스위치가 달려있다. 이러한 스위치를 함께 어셈블리로 조립된 뭉치를 다기능 스위치(Multi-funcion switch)라고 한다. photo.1은 클릭 스프링이 장착된 다기능 스위치를 보여주는 것이다.



Photo.1 클릭 스프링이 장착된 다기능 스위치

2.2 다기능스위치의 역할

2.2.1 와이퍼 스위치

자동차의 와이퍼는 운전자의 시야를 확보하기 위해 비나 눈이 내리는 양에 따라 작동속도를 달리할 필요가 있다. 따라서, 운전자가 운행하는 상태에 따라 가장 효과적인 작동속도를 맞춰 사용해야 한다. 또한 유리에 이물질이 묻었거나 오염이 되었을 경우에는 와셔액을 분사하여 유리를 청결하게 하여 시야확보를 하기 위해 와셔액 분사 작동스위치도 함께 조립되어 있다. 비나 눈이 내릴 때 자동으로 레인센서에 신호에 의해 작동하게 하는 시스템과도 연동되어 와이퍼가 작동한다.

2.2.2 점등제어 스위치

점등제어 스위치는 자동차를 운전할 때 필요시 전조등, 미등 안개등 및 방향지시등을 작동할 수 있는 기능을 제어하는 스위치 뭉치를 말한다. 이 스위치는 어둠에서 자동차의 상태를 표시할 수 있는 미등, 전방의 시야를 확보할 수 있는 전조등, 안개가 끼어 있을 때 전방확보에 효과적인 안개등, 다른 운전자에게 방향을 변화시킨다는 상태를 알려주는 방향등스위치 등이 장착되어 있다.

2.3 관련시스템 설명

2.3.1 와이퍼 및 와셔작동스위치

와이퍼(wiper)는 주로 앞유리 또는 뒷유리에 부착된 빗물, 눈, 안개에 의한 수분, 먼지와 이물질 등을 닦아 안전주행을 위한 시계를 확보하는 역할을 한다. 와이퍼의 요구성능으로는 창을 닦을 수 있는 면적, 와이핑 횟수, 와이퍼의 작동에 따른 저속과 고속 회전차 등의 규정을 만족해야 하며, 와이퍼 압은 적절하게 누르는 힘을 갖고 있어야 한다. 또한 고속 주행시에는 와이퍼가 떠오르지 않아야 하며, 높은 신뢰성을 가져야 한다. 이러한 와이퍼를 효과적으로 전기적인 신호에 의해 작동하도록 하는 것이 와이퍼 및 와셔작동 스위치이다[2,3].

2.3.2 점등스위치

점등스witch는 운전자가 운전을 할 때 전방의 시야 확보가 어려워 이를 해결하기 위해 점등하기 위한 스위치, 차량의 식별을 위해 자동차의 후방에 점등을 하여 차량의 위치를 식별할 수 있도록 조명을 점등하는 스위치로, 다기능 스위치와 함께 조립되어 있고, 운전석의 좌측에 조립되어 있다.

2.3.3 레인센서

레인센서는 자동차가 빗속을 운행할 때나 운행시 비가 올 경우에 비가 오는 상태를 감지하여 와이퍼를 자동으로 작동하는 기능을 하는 센서이다.

2.3.4 와이퍼 모터

자동차의 와이퍼 모터는 비나 눈 또는 유리에 이물질이 있어 이를 제거하기 위해 와이퍼를 작동할 때 전기적인 신호를 받아 와이퍼를 작동시켜주는 작동부품이다.

3. 고장사례

3.1 와이퍼 작동시 간헐와이퍼 작동불향현상 고장사례

1) 현상

자동차를 주행하는 동안 와이퍼를 작동하였을 때 간헐와이퍼가 작동하지 않는 현상이 발생되었다.

2) 분석

자동차를 시운전한 결과 간헐와이퍼와 간헐와이퍼의 HI 기능이 작동하지 않는 현상을 확인하였다. 자기진단기를 이용하여 입력신호를 점검하였으나 정상이었다. 파킹스위치의 전원입력상태 및 접지를 점검하였으나 정상이었다. 와이퍼의 모터 파킹스위치를 점검하였으나 정상이었다. 작동불량시 간헐와이퍼(INT) 및 고속(HI)작동을 하는 배선의 전원공급여부를 점검하였을 때 전원이 출력되지 않았다. 와이퍼 컨트롤 모듈입구에서 점검하였을 때 전원이 공급되지 않는 동일현상이 확인되었다. 서브모터(sub motor) 배선스위치를 점검하였을 때 정상으로 확인되었다. 배선을 점검한 결과 파킹브레이크쪽의 배선이 쇼트된 것을 확인하였다. 원인은 메인와이어링과 컨트롤와이어링측의 배선(MC03)커넥터 근처의 배선쇼트로 확인되었다. 조치사항으로 배선의 루트를 수정한 다음 테이핑작업후 정상확인하였다. Photo. 2는 배선의 쇼트사례를 보여주는 것이다.

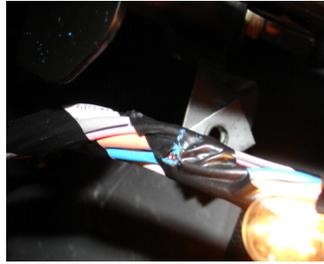


Photo. 2. 배선 쇼트부의 사례

3) 고찰

자동차의 와이퍼 작동시스템은 대단히 중요한 시스템이다. 비가 오거나 운전중 또는 와이퍼를 작동할 필요라 있을 때 작동불량현상이 발생할 경우 위험에 노출되어 대단히 위험하다. 이에 대한 위험성을 최소화하기 위해 항상 철저히 관리하여야 한다.

3.2 주행중 간헐적으로 와셔경고등 점등고장현상

1) 현상

자동차를 운행하던 중 간헐적으로 와셔경고등이 점등되는 현상이 발생되었다.

2) 분석



Photo. 3. 커넥터 수분유입으로 녹발생현상

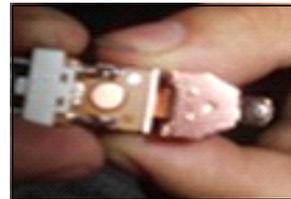


Photo. 4. 레인센서 릴레이 접촉불량

주행을 할 때 간헐적으로 자동차의 경고등이 점등하는 현상이 발생되었다. 이를 확인하기 위해 와셔액을 확인하였으나 와셔액은 와셔액 리저버 탱크에 완전히 가득 찬 것을 확인하였다. 관련배선을 확인하였으나 점검결과 정상임을 확인하였다. 플로트센서(Float sensor)커넥터 점검한 결과 수분유입으로 녹이 발생되었으며 부식현상이 진행되는 것을 확인하였다. 커넥터 위치가 하부쪽으로 설계되어 있어 비가 올 때 빗물이 바퀴를 타고 밑에서 올라온 것으로 판단되었다. 조치내용은 커넥터 청소후 위치를 수정하였다..커넥터 위치 수정 요망됨. Photo.3은 와이퍼액 수준을 감지하는 센서의 녹발생으로 부식된 사례를 보여주는 것이다.

3) 고찰

와이퍼의 와셔액은 운전중 유리의 오염물을 제거하는 역할을 한다. 운전중 안전을 위해 와이퍼액이 효과적으로 잘 분사되도록 관리해야 하도록 한다.

3.3 간헐적 와이퍼작동불량 현상

1) 현상

비가 올 때 운전중에 운전자가 와이퍼작동모드를 자동모드(Auto mode)상태에 두고 운전을 할때 간헐적으로 와이퍼 작동불량 현상 및 LOW, HI가 되었을 때는 작동하나 OFF,에서는 그 자리에 정지하여 파킹위치로 가지 못하는 현상이 발생되었다. 이

때 레인센서에 충격을 가하면 또 정상으로 작동되었다.

2) 분석

고장현상을 확인하기 위하여 시운전 점검한 결과 고장현상을 확인하였다. 고장현상을 확인하기 위하여 멀티 테스터를 이용하여 점검하면 도통이 잘되고 LED LAMP로 점검을 하였을 때도 릴레이는 정상으로 확인되었다. 그러나 일반 램프 테스트로 시험을 하였을 때 릴레이 접점을 지나면 전원이 공급되지 않는 현상이 확인되었다. 이것은 릴레이는 내부 접점의 접촉불량으로 실제 와이퍼 릴레이로 전류가 잘 흐르지 못하게 한 원인으로 판단되었다. 따라서 레인센서 릴레이 내부 접점의 접촉불량으로 확인되었다. Photo. 4는 레인 센서 릴레이의 접촉불량사례를 보여주는 것이다.

3) 고찰

레인센서는 와이퍼가 작동할 때 항상 작동할 수 있도록 철저하게 관리되어야 한다.

4. 결론

1) 이 사례의 원인은 배선을 점검한 결과 파킹브레이크쪽의 배선이 쇼트된 것을 확인하였다. 원인은 메인와이어링과 컨트롤와이어링측의 배선 커넥터 근처의 배선쇼트로 확인되었다.

2) 이 사례의 원인은 플로트센서(Float sensor)커넥터 점검한 결과 수분유입으로 녹이 발생되었으며 부식현상이 진행되는 것을 확인하였다. 커넥터 위치가 하부쪽으로 설계되어 있어 비가 올 때 빗물이 바퀴를 타고 밑에서 올라온 것으로 판단되었다.

3) 이 사례의 원인은 내부 접점의 접촉불량으로 실제 와이퍼 릴레이로 전류가 잘 흐르지 못하게 한 원인으로 판단되었다. 따라서 레인센서 릴레이 내부 접점의 접촉불량으로 확인되었다.

5. 참고문헌-추가수정

1. Il Kwon Lee, Seung Hyun Cho and Han Goo Kim, "Study for Failure Examples of Injector, Idle Speed Actuator and Gasket in LPi System Vehicle", KIGAS Vol. 16(3), 48-53, (2012)
2. Seokhyun Im and Dongmyung Shin, "Design of a car", 1996, Hyungseol
3. Lee, I. K, et al., "Fault diagnosis of Automotive", Sunhak, (2003)

인화알루미늄 훈증제 화학사고 원인분석 및 기술·관리·제도적 개선방안 연구

남근우, 박춘화, 천광수, 조운제, 김재영, 황승을
화학물질안전원

Cause Analysis of Chemical Accident from Aluminium Phosphide Fumigant and Their Studies for Technical·Administrative·Institutional Improvement

Gnu Nam, Choonhwa Park, Kwangsu Chun, Yoon-Jae Cho, Jae-Young Kim,
Seungryul Hwang

National Institute of Chemical Safety

요 약

본 연구는 곡물의 저장 또는 선박을 통한 수출입 시 병해충을 막기 위해 사용되는 인화알루미늄(Aluminium Phosphide) 훈증제로부터 반복적으로 발생하는 화재 사고에 대한 원인 규명 및 개선방안 마련을 위한 목적으로 수행되었다. 사고 발생 원인 물질을 정확히 규명하기 위하여 사고 발생 현장으로부터 채취한 시료를 유도결합플라즈마 분석기(ICP-MS)를 활용하여 사고 원인 물질을 규명하였고, 반응메커니즘 연구를 통해 인화알루미늄은 수분에 의해 분해되어 독성의 포스핀 가스를 발생시킬 수 있으며, 포스핀 가스는 화재 또는 폭발로 이어질 수 있음을 확인하였다. 또한, 인화알루미늄 훈증제의 폐기 처리 시 처리 실태, 유해화학물질 위험성 인지 여부 등 사고 발생 원인에 따른 다양한 기술 및 관리적 문제점을 파악하였다. 뿐만 아니라 향후 동종 사고의 재발방지를 위하여 인화알루미늄 훈증제 폐기처리 시 유해화학물질 제거를 위한 전처리 방법, 관리적 보완 사항, 훈증제 사용 및 처리 시 제도적 개선 사항과 같은 개선 대책을 제시하였다.

석유화학 사업장 내 초음파/영상 기반 AI 융복합 가스 누출 감지 기술 개발에 대한 연구

이준혁, 박병준, 김영식*, 김인권**, 윤홍식***

방재시험연구원, *(주)스트라티오코리아, **(주)에스엠인스트루먼트, ***성균관대학교

A study on the development of ultrasonic/image-based AI convergence gas leak detection technology in petrochemical plants

Joonhyuk Lee, Hoseong Rho, Byeongjun Park, Youngsik Kim*, Inkwon Kim**, Hongsik Yun***

Fire Insurers Laboratories of Korea, *Statio, Inc., **SM Instruments, Inc., ***Sungkyunkwan University

요 약

석유화학사업장 내 중·저압 배관에서는 가연성 또는 유독성 가스의 누출이 일어나며 이를 관리하기 위한 예방 기술이 필요하다. 하지만, 옥외 중·저압 배관에서 발생하는 누출을 탐지하기 위한 기술 개발 수준은 이를 충족하지 못하는 실정이다. 또한, 특정 가스만을 제한적인 영역에서 감지하는 기존의 기술과 달리 누출되는 모든 종류의 가스 누출에 대하여 플랜트 전반적으로 감지하는 기술이 필요하다.

활용하고자 하는 기술은 배관에서 가스 누출 시 와류가 형성되고 여기서 초음파 대역의 신호가 나타나며 이를 카메라의 마이크로폰 센서로 수신하는 방식이다. 이 방식으로는 유체의 종류와 관계 없이 가스 누출의 감지가 가능하다. 하드웨어와 소프트웨어가 결합된 누출 감지 시스템은 인력과 시간, 범위의 한계를 갖는 휴대식 감시장비와 달리 가스 누출 위험 구역을 실시간으로 감시하고, 누출 시 즉각적인 상황 전파로 피해를 최소화 할 수 있다.

본 연구는 데이터 수집, 학습, 실증 단계로 이루어진다. 첫 번째로, 모사 설비를 야외에 구축하고 가스 누출량 등을 조절해가며 다양한 조건 하에서 초음파/영상 데이터를 수집하거나 실제 석유화학사업장 관련 데이터를 수집한다. 두 번째로, 수집된 데이터를 인공지능(AI) 학습 등에 활용하여 신제품의 정밀도 등을 향상 시킨다. 마지막으로, 일정 성능이 확보된 신제품에 대한 성능 테스트를 진행 및 검증한다.

본 연구개발을 통하여 인공지능 기술을 적용한 소프트웨어의 개발과 초음파/영상 융복합 카메라 등의 하드웨어 기술 개발을 통한 전반적 성능을 향상시켰다. 이는 석유화학 사업장 내 신속한 화학물질 등의 누출 감지를 통한 인명 안전 확보뿐만 아니라, 가연성 누출로 인한 화재 및 폭발 등 대규모 재난을 예방할 수 있는 초석이 되는 연구이다. 해당 기술은 석유화학 업종뿐만 아니라, 향후 기타 산업의 배관 누출 예방에도 적용시킬 수 있을 것으로 예상된다.

※ 본 연구는 산업통상자원부 제조안전혁신기술개발사업 “중·저압 유화 산업 배관 사고 예방을 위한 음향/영상 융합 기반 누출 감지 기술 개발(과제번호 20022223)”의 지원으로 진행됨.

유한요소해석을 통한 수소 매설 배관의 안전성 평가에 대한 연구

김다인, 유지수, 이호렬
한국가스안전공사 가스안전연구원

A Study on Safety Evaluation of Buried Hydrogen Pipeline Using Finite Element Analysis

Kim Dain, Yu Jisu, Lee Hyoryeol
Institute of Gas Safety R&D, Korea Gas Safety Corporation

요 약

2050년 탄소중립 선언을 이행하기 위해 “2050 탄소중립 추진 전략” 등 관련 정책이 수립되고 있으며, 운송 부문, 에너지 부문에서 주로 사용되고 있는 화석 연료를 수소로 점차적으로 대체하여 탄소 배출량을 저감 시키려는 노력을 하고 있다. 「수소 경제 활성화 로드맵」에서는 재생에너지를 활용한 수전해 수소 및 해외 수입 수소의 활용 비율을 높여 2040년까지 526만톤의 수소를 공급하려는 목표를 가지고 있으며, 효과적인 공급을 위해 기존의 도시가스 배관을 활용하거나 필요 구간에 신규 수소 공급망 구축하는 방안이 논의되고 있다. 2021년 기준 총 200 km의 수소 배관이 설치되어 있으며, 울산, 포항, 여수와 같이 부생 수소 생산 지역에 밀집되어 있다.

향후 수소 배관의 신규 설치 길이가 점차 증가할것으로 예상됨에 따라 도심지 또는 도심지 인근 지역에 배관 설치 빈도 역시 증가하여 안전성 확보가 매우 중요하다. 매설 배관의 안전성 평가는 정량적 위험성 평가(Quantitative Risk Assessment: QRA)를 통해 사고 발생 시 피해 영향과 개인적·사회적 위험도를 분석하여 허용 수준을 평가하는 방법이 있다. 정량적 위험성 평가는 사고 발생에 따른 위험도를 분석하는 방법으로 설치 환경에 따라 배관의 건전성을 평가하기는 어렵다. 본 연구에서는 설치 환경에 따라 배관의 건전성을 검토하기 위해 유한요소해석을 활용하였으며, 매설 깊이, 되메움 재료에 따른 토압, 차량 등 외부 하중, 지반 침하에 의한 수소를 취급하는 지하 매설 배관의 안전성을 검토하였다. 평가 대상은 배관을 통해 수소를 공급 받는 안산 수소로움 충전소로 선정하였으며, 표준 트럭 하중에 대한 8인치 매설 배관(API 5L Gr.x52 SCH80)의 안전율은 21로 외부 하중에 대해서는 안전성을 확보한 것으로 판단되었다. 향후 지반 침하량에 따른 안전율을 분석하여 한계 수치를 도출하여 매설 배관 안전관리 자료로 활용하고자 한다.

이 논문은 2021년도 정부(산업통상자원부)의 재원으로 한국에너지기술평가원의 지원을 받아 수행된 연구임(20213030040380, 수소충전소 및 배관망 안전 제고를 위한 필수 장비 국산화 기술 개발)

**기업 안전문화 수준평가에 관한 연구
-화학물질취급 기업 사례를 중심으로-**

엄재근, 이규식, 이동윤, 조규선
호서대 안전행정공학과

**A Study on the Assessment of Safety Culture Level of
Enterprises
- Focused on the case of chemicals substance handling
workplaces -**

Jae Gun Eom, Guy Sik Lee, Dong Yoon Lee, Guy Sun Cho Department of
Safety Public Administration, Hoseo University

요 약

본 연구의 목적은 화학물질취급 사업장의 안전문화를 평가하기 위해 필요한 안전문화 요소를 파악하고 안전문화 요소의 효과적 평가를 위한 평가지표를 개발하여 국내 기업현장의 안전문화 평가 및 개선을 위한 방법을 제시하는 것이다. 이 논문에서는 사업장 안전문화수준을 측정, 비교할 목적으로 안전관리의 핵심 특성을 반영한 기업 안전문화 수준평가 지표로 안전가치, 안전운영, 안전교육, 안전소통 4대 지표와 사고관리, 안전장치 및 설비, 안전참여의 부가적인 3대 지표로서 안전문화 평가항목을 정리하였다. 그리고 화학물질 관련 기업을 대상으로 직원과 관리자를 구분한 온라인 설문조사를 통해 안전문화 수준을 측정, 분석하여 개발된 기업 안전문화 평가 지표의 타당성을 확인하였다. 이를 통하여 기업 안전문화 평가 및 개선을 위한 기업현장 안전문화 평가지표를 제시하였고 기업현장 안전문화 평가결과를 통해 도출된 기업현장 안전문화 개선을 위한 방향을 제시하였다. 이에 따라 실무적으로 학술적으로 가치가 있을 것으로 판단된다.

* 본 연구는 2023년도 환경부의 지원을 받아 수행되었습니다.

인도 보팔 사고에 대한 휴먼에러 측면에서의 연구

김명철, 김충래, 유현철, 조규선
호서대 안전행정공학과

Study on the Human Error of Bhopal Accident in India

Myung chul Kim, Choong Rae Kim, Hyun Chul Yu, Guy Sun Cho
Department of Safety Public Administration, Hoseo University

요 약

1984년 12월 인도 마디아프라데시 보팔에서 발생한 인류역사상 최악의 화학사고인 보팔사고에는 설비결함을 초래한 관리결함이 있었고 그 관리결함에는 안전규정을 위반한 노동자의 불안정한 행동과 그 내면에는 심리적 요인이 있었다. 본 연구는 3,787명의 현장 희생자가 발생한 최악의 재난인 보팔사고의 설비결함부터 관리결함을 여러 문헌자료를 통해 조사하고 인간의 불안전행동과 그 심리를 분석하여 이론적으로 해석하고자 한다.

The Bhopal accident, the worst chemical accident in human history in Bhopal, Madhya Pradesh, India in December 1984, had a management defect that caused facility defects, and the unstable behavior of workers who violated safety regulations and psychological factors inside. This study aims to investigate facility defects and management defects in the Bhopal accident, the worst disaster with 3,787 on-site victims, through various literature data and analyze human unsafe havior and psychology.

* 본 연구는 2023년도 환경부의 지원을 받아 수행되었습니다.

인공지능(AI)을 활용한 도시가스배관의 전기방식(Cathodic Protection) 정류기 제어에 관한 연구

이형민, 임근택*, 조규선

호서대학교, *제이비주식회사, 호서대학교*

A study on cathodic protection rectifier control of urban gas pipes using artificial intelligence (AI).

Hyung-Min Lee, Gun-Tek Lim*, Guy-Sun Cho

*Hoseo University, * JB corporation*

요 약

4차 산업혁명으로 인공지능(AI, Artificial Intelligence) 관련 기술이 고도로 성장함에 따라 여러 분야에서 AI를 접목하는 사례가 증가하고 있다. 주요 원인은 정보통신 기술이 발달됨에 따라 기하급수적으로 증가하는 데이터를 사람이 직접 처리·분석하는데 현실적인 한계가 있고, 새로운 기술을 적용하여 휴먼 에러에 대한 리스크도 감소시킬 수 있기 때문이다. 이번 연구에서는 ‘원격 전위 측정용터미널(T/B, Test Box)’로부터 수신된 데이터와 해당시점의 ‘원격 정류기’ 출력을 수집 후, AI가 학습하도록 하였다. AI의 학습 데이터는 최초 수집된 데이터의 회기분석을 통한 데이터증강(Data Augmentation)으로 확보하였고, 학습모델은 심층 강화학습(DRL, Deep Reinforcement Learning) 알고리즘 중 Value기반의 Q-Learning모델이 적용하였다. 데이터 학습이 완료된 AI는 실제 도시가스 공급지역에 투입하여, 수신된 원격T/B 데이터를 기반으로 AI가 적절하게 대응하는지 검증하고, 이를 통해 향후 AI가 전기방식 관리에 적합한 수단으로 활용될 수 있는지 검증하고자 한다.

Abstract - As AI (Artificial Intelligence)-related technologies are highly developed due to the 4th industrial revolution, cases of applying AI in various fields are increasing. The main reason is that there are practical limits to direct processing and analysis of exponentially increasing data as information and communication technology develops, and the risk of human error can be reduced by applying new technologies. In this study, after collecting the data received from the ‘remote potential measurement terminal (T/B, Test Box)’ and the output of the ‘remote rectifier’ at that time, AI was trained. AI learning data was obtained through data augmentation through regression analysis of the initially collected data, and the learning model applied the value-based Q-Learning model among deep reinforcement learning (DRL) algorithms. The AI that has completed data learning is put into the actual city gas supply area, and based on the received remote T/B data, it is verified that the AI responds appropriately, and through this, AI can be used as a suitable means for electricity management in the future. want to verify.

Key words: AI(Artificial Intelligence), CP(Cathodic Protection), DRL(Deep Reinforcement Learning), Q-Learning

사사 * 본 연구는 2023년도 환경부의 지원을 받아 수행되었습니다.

천연물합성 실험에서 유기화합물의 작업환경 노출수준에 관한 연구

임현종, 김용진, 조규선

호서대학교

A Study on the Exposure Level of Organic Compounds in the Working Environment in Natural Product Synthesis Experiments

Hyun Jong Yim, Yong Jin Kim, Guy Sun Cho

Hoseo University

요 약

본 연구의 목적은 연구실에서 다양한 화학물질을 취급하는 연구활동종사자의 건강에 영향을 미칠 수 있는 유기화합물 노출경로와 노출량을 파악하고 연구활동종사자의 화학물질 노출평가 제도의 개선방안을 제시하는 것이다. 본 연구의 유기화합물의 노출도 평가는 산업안전보건법에 따라 작업환경측정을 적용하였으나, 연구실에서 연구개발활동 중에는 화학물질이 단시간에 집중적으로 노출되는 환경이라는 점을 고려하여 단시간노출기준(STEL)을 병행하여 측정·비교하였다. 측정은 유기화합물을 취급하는 연구실의 연구개발활동을 대상으로 예비조사, 작업환경측정, 결과분석의 순서로 진행하였다. 시간가중평균노출기준(TWA)과 단시간노출기준(STEL)의 측정결과는 고용노동부의 화학물질 노출기준 미만의 수치를 나타냈으나, 발암성물질로 분류되어 있는 Chloroform이 노출 기준치의 29.7% 수준으로 검출되었다. 본 연구를 통해 연구실에서 연구개발활동 중 유기화합물의 노출수준과 특성을 파악하고 개선방안을 제시하여 연구활동종사자가 화학물질에 노출되는 것을 최소화하는데 기여하고자 한다.

* 본 연구는 2023년도 환경부의 지원을 받아 수행되었습니다.

화학사고 현장 대응 전략 방안에 관한 연구

오일환, 김상현, 조규선
호서대 안전행정공학과

A Study on Strategies for Response on the Chemical Accident Sites

Il Hwan Oh, Sang Hyun Kim, Guy Sun Cho
Department of Safety Public Administration, Hoseo University

요 약

화학 사고는 예고 없이 돌발적으로 발생하고, 항상 상태변화의 연속으로 예측이 곤란하며, 인적·물적 피해의 확대 위험성을 수반하여 급속히 진행된다. 화학 사고를 대비한 체계적인 대응 전략의 준비와 사고현장에서의 효과적인 대응 전략의 실행은 화학사고를 초기에 진압하고 인적·물적 피해를 최소화 할 수 있다. 화학사고 시 전문 대응활동이 수행되기 전까지 대응전술을 수행하는 초동대응 부서는 사고 정보 수집, 경계구역 설정, 주민 대피 활동, 인명 검색 및 구조·구급 활동의 역할을 수행한다. 이러한 초동대응 활동의 효과적인 실행을 위해서는 정보수집·전파 및 대응 작전 계획, 대응활동 지휘·조정·통제를 위한 현장지휘소가 안전한 장소에 설치되어 화학사고 대응 소방력에 대한 신속하고 효과적인 운용이 가능해야 한다. 화학사고 대응 전략을 위해 현장지휘소에서 '화학사고 현장대응 가이드북' 기반으로 화재·폭발·누출에 관한 사고 정보를 분석할 때 물질의 위험성 파악할 수 있도록 지원하고 있다. 그러나 화학사고 현장대응 가이드북은 위험물질을 가나순으로 단순하게 나열해놓아 사고 유형별로 위험물질을 파악하기 어렵다. 본 논문에서는 사고유형별 위험물질을 신속히 파악 하기위하여 트리 탐색 알고리즘을 활용한 위험물질 탐색 방안을 제안하고, 이를 통하여 초동대응시간을 단축 함으로써 소방 화학사고 대응 전략을 개선하고자 한다.

* 본 연구는 2023년도 환경부의 지원을 받아 수행되었습니다.

F발표장

F-1

- 주제: 특별세션8. 액화수소 활용의 전주기 분야별 개발 기술
- 일시: 2023년 5월 25일(목), 13:00-17:30

(발제) 액화수소 활용의 전주기 분야별 기술개발 동향

김대성, 홍성호, 차건종*
(주)크리오스, * (주)대창솔루션

(Session Topic) The current research activities of technology development in the full cycle of liquefied hydrogen utilization

Daeseong Kim, Seong-Ho Hong, Keunjong Cha*
*Cryos Co.,Ltd. , *Daechang Solution PLC*

요 약

2022년 발간된 KOTRA 보고서에 의하면 전 세계 수소 생산시장은 2025년 약 2천억 불 규모에 도달하고, 수요량은 2030년 1.4억 톤에서 20년 동안 약 5배 가량 성장하는 것으로 전망된다. 이에 따라, 정부는 「수소경제 이행 기본계획」('21.11), 「신정부 110대 국정과제 이행계획」('22.7), 「국가 전략기술 프로젝트 계획」('22.12) 등을 통하여 다양한 방식의 수소 활용을 위한 전주기 분야 기술개발을 장려하며 관련 산업 육성을 지속적으로 도모하고 있다. 이러한 수소의 활용 방법 중 에너지 밀도가 극대화된 액체수소 형식을 활용하면 대량 취급이 가능하여 저장 및 수송에 있어 훨씬 효율적이므로 액화수소 관련 기술이 크게 주목받고 있다.

하지만, KISTEP의 「2020년 국가 전략기술 수준평가서」에 따르면 우리나라 수소 관련 기술은 최고 기술국인 미국에 비해 77.7%의 수준에 지나지 않고 기술격차는 3.9년에 이르며 특히 액화수소 관련 기술의 경우 국내 법규 미비로 인하여 산업생태계가 제대로 형성되지 못할 정도로 낙후되어 있다. 정부에서도 이를 극복하기 위하여 액화 수소의 운송 및 저장, 충전소를 포함한 수소 모빌리티에의 활용, 연료전지와 발전 응용 등 다양한 기술개발을 국책사업으로 지원하고 있고, 민간기업도 액화수소의 생산과 공급 인프라 구축을 위한 상당한 투자를 진행 중에 있다.

이번 한국가스학회의 본 특별세션에서는 액화수소 활용의 전주기에 걸쳐 현재 추진되고 있는 다양한 분야의 기술개발 동향을 서로 소개하고 실증 계획 등 추진 내용과 일정에 대한 이해도를 높이고자 한다. 이를 통하여 향후 상용화 단계에서의 관련 기관들간의 긴밀한 협조와 효율적인 사업 연계를 극대화하는 기회를 도모한다.

Acknowledgement : 본 연구개발은 산업통상자원부가 지원하고 한국에너지기술평가원이 관리하는 「신재생에너지 핵심기술 개발사업」(과제번호 : 20227300000051)의 지원으로 수행되고 있습니다.

액체수소 기자재용 스테인레스 소재의 수소취성 및 극저온 물성

나영상*, 김영균, 이재호, 임가람, 권현준

한국재료연구원, 극한소재연구소

* nysl664@kims.re.kr

Hydrogen Embrittlement and Cryogenic Properties of Austenitic Stainless Steels for Liquid Hydrogen Equipment

YoungSang Na, Young-Kyun Kim, Jae-Ho Lee, Ka-Ram Lim, Hyun-Jun Kwon

Extreme Materials Institute, Korea Institute of Materials Science

요 약

최근 수소의 저장-운송 효율을 극대화하기 위해 액체수소를 적용하기 위한 기술 개발이 적극적으로 진행되고 있다. 1기압 환경에서 수소는 -253°C (20K) 이하의 극저온에서 액체 상태가 되며, 밀도가 약 1/800로 감소하기 때문에 저장 및 운송 효율이 매우 증가할 것으로 기대되고 있다.

소재 관점에서 볼 때 액체수소의 대두는 수소취성뿐 아니라 극저온에서의 기계적-열물리적 소재 물성을 요구하고 있으며, 더불어 극저온-수소의 복합 환경에서 선택할 수 있는 소재의 다양성을 요구하고 있다. 수소취성은 미량 혼입된 수소로 인해 합금이 연성을 잃고 취화되는 특성을 말한다. 수소의 혼입은 합금의 생산 또는 사용 과정에서 발생할 수 있다. 이러한 수소취화 현상은 일반적으로 고강도강에서 심하게 나타나지만 오스테나이트계 스테인레스강에서는 상대적으로 약화되는 경향이 있다. 한편 대부분의 소재는 온도가 감소함에 따라 강도가 증가하지만 동시에 연성이 감소한다. 특히 탄소강 등 일반적인 철강소재는 -30°C 내외의 저온에서 연성-취성 천이로 인해 취성 파단을 보이지만, 오스테나이트계 스테인레스강의 경우 극저온까지 연성-취성 천이현상을 보이지 않은 것으로 알려져 있다.

수소취성이나 극저온 취성에 대한 높은 저항력으로 인해 액체수소 환경에서는 주로 316L, 304L과 같은 대표적인 오스테나이트계 스테인레스 소재가 사용되고 있다. 그러나 이들 소재에 대해서도 수소취성이나 극저온 물성에 대한 데이터가 여전히 부족하고, 국내의 경우 극저온 물성 평가 기반 자체가 부족한 실정이다. 또한 인장물성뿐 아니라 극저온 파괴인성, 극저온 피로 등 다양한 물성 데이터는 거의 없는 상태이다.

이에 본 발표에서는 상용의 오스테나이트계 스테인레스 소재의 수소취성 및 극저온 물성 등을 살펴보고, 한국재료연구원에서 생산-확보한 극저온 물성에 대해서도 언급하고자 한다. 더불어 극저온 기계적 물성 및 열물리적 물성 평가기반 구축과 극저온용 신소재 개발 현황에 대해서도 살펴보고자 한다.

본 연구개발은 산업통상자원부가 지원하고 한국에너지기술평가원이 관리하는 「에너지기술개발사업」(과제번호 : 202273000005A 및 202273101000)의 지원으로 수행되고 있습니다.

소용량 응축형 수소액화 기술 및 응용 연구

고락길, 하동우, 노현우, 구태형, 서영민
한국전기연구원 수소전기연구팀

Research on Small-scale Condensation-based Hydrogen Liquefaction Technology and Application

Rockkil Ko, Dongwoo Ha, Hyunwoo No, Taehyung Koo, Youngmin Seo
Korea Electrotechnology Research Institute, Hydrogen Electric Research Team

요 약

액체수소(LH2)는 현재 활용되고 있는 고압수소에 비해 안전성, 효율성 및 활용성 측면에서 다양한 장점을 가지고 있어 유망한 대체 에너지원으로 인식되고 있다.

안전성 측면에서는, 액체수소는 폭발 위험과 사용 압력 및 대기 압력 수준이 낮아 고압수소에 비해 더 안전한 작업 환경을 제공합니다. 효율성 측면에서는, 액체수소는 저장 및 운송의 용이성, 기체와 비교하여 높은 에너지 밀도, 경제적인 운송 솔루션 및 연료 주입 인프라의 축소된 면적 등 다양한 이점을 제공한다. 또한, 액체수소의 활용성은 극저온 특성을 이용한 냉난방 애플리케이션, 초고순도 수소를 다양한 산업에 사용할 수 있는 잠재력 및 우주 발사체 연료로서의 역할을 통해 입증될 것으로 기대된다. 이러한 액체수소의 장점을 활용한 다양한 애플리케이션 및 분야에서 깨끗하고 지속 가능한 에너지원으로서의 적용이 가능하다.

본 발표에서는 한국전기연구원의 20K 극저온 냉동기를 이용한 소용량 응축형 수소액화 기술과 그 응용 연구에 대해 소개하고자 한다.

2대의 극저온 냉동기로 구성된 응축형 액화장치는 시간당 3.7리터의 액체 수소를 생산하여 180리터 용량의 극저온 용기에 저장한다. 저장된 액체 수소는 제로 보일오프 기술을 활용해 시간이 지남에 따라 외부 열 침입으로 인해 기화된 수소를 자동으로 액화하여 장시간 안전하게 저장할 수 있음을 실증하였다.

고효율의 액화수소 생산을 위해 77K 액체질소 예냉 공정과 20K 액화수소 열교환기를 적용하였다. 효율적인 액화수소의 장기 저장을 위해 저장용기는 진공 단열층과 액체질소 열 차폐층으로 구성되었으며, 자성체 촉매를 사용하여 오쏘-파라 상 변화 공정을 적용하였다.

소용량 응축형 수소액화 장치는 매우 적은 공간과 비용으로 간편하게 액화수소를 생산할 수 있는 기술로, 액화수소용 부품에 대한 성능 평가와 수소-초전도 응용 연구 등 다양한 응용 연구가 가능하다.

Acknowledgement : 본 연구개발은 산업통상자원부가 지원하고 한국에너지기술평가원이 관리하는 「신재생에너지 핵심기술 개발사업」(과제번호 : 20223030040120)의 지원으로 수행되고 있습니다.

액화수소용 진공단열밸브의 평가기술 연구·개발

오승준, 권준영, 여종현*, 허태규*
동아대학교, *Mt.H 콘트롤밸브 주식회사

Research & Development of Test Method for Vacuum Insulation Valve Applied to Liquefied Hydrogen

Seungjun Oh, Junyeong Kwon, Jonghyun Yeo*, Teakyu Heo*
Dong-A University, *Mt.H Control Valves Co.,LTD

요약

화석연료의 사용에 의한 온실가스 배출로 기후변화의 악영향이 빈번함에 따라, 친환경 신에너지 연구를 통한 환경문제 극복에 힘을 기울이고 있다.

특히 수소는 높은 에너지밀도를 가지면서도 사용 후 온실가스 배출이 없고 지역적 편중이 없는 등 많은 장점으로 인해 연구가 활발하며, 이송과 저장효율을 높이기 위한 연구가 한창이다.

현시점에서는 주로 기체수소를 사용하며, 많은 양을 저장하기 위해 초고압(수소차 충전압력 약 70 MPa)으로 압축하여 사용함에 따라 폭발에 대한 안전성 문제와 동시에 압축량에 대한 물리적 한계를 가지고 있다.

이에 수소에너지의 이송·저장 효율을 극대화하기 위해 대기압기준 약 800배의 부피적 이점이 있는 액화수소 관련 연구가 필요하다.

우리나라는 정부지원 연구개발사업 수행을 통해 관련 부품의 개발완료 기사는 많이 보도가 되었으나, 문제는 개발된 제품의 성능을 검증하기 위한 시험방법에 대한 확실한 조건을 제시하지 못하고 있는 실정이다.

본 연구개발을 통해 액화수소의 이송·저장시스템에서 필수 부품인 밸브, 그중에서도 진공단열 성능을 가진 자켓타입 밸브의 평가 방법을 제시하고 기존 시험방법과의 차별성과 새로운 시험방법의 타당성에 대해 알리고자 하였다.

장치 구성 시 밸브의 냉각 방식을 기존 극저온 밸브 시험규격에서 사용 중인 냉매에 시료를 침전하는 방식에서 벗어나 시료 밸브 내부 유로를 통해 냉매가 흐르도록 하는 실사용과 가장 근접한 방식을 채택하였으며, 시험압력 가압 시 극저온 펌프가 없이도 가압이 가능한 간접 가압 방법을 고안하여 시험시스템 구성에 경제성을 확보하였다.

시험방법에 있어서는 산소와 반응 시 폭발의 위험성이 있는 수소가스의 특성을 고려하여, 시험 전 시스템 내부에 질소가스를 주입하여 공기를 완전히 배출시켜 수소

와 공기 중 산소의 접촉을 방지하고 공기중의 수분이 결빙되는 것을 방지하는 시험 방법을 제시하였으며, 극저온 유체를 적용한 시험에 단계를 두어 액화질소를 적용한 1차 냉각 및 시험 후 액화수소를 적용한 2차 냉각 및 시험을 실시하여 불필요한 액화수소의 증발을 방지하고 경제성과 안전성을 모두 고려하였다.

누출 검사 방법은 외부 누출은 수소 검출 장치를 활용하여 확인하고 내부 누출은 누출된 극저온 유체가 기화되어 측정되도록 하였으며, 누출량은 질량유량계를 적용하여 측정하도록 하였다. 아울러 단열성능의 주요 지표로 진공도 유지 시험을 추가하였다.

Acknowledgement : 본 연구개발은 산업통상자원부가 지원하고 한국에너지기술평가원이 관리하는 「신재생에너지 핵심기술 개발사업」(과제번호 : 20223030040120)의 지원으로 수행되고 있습니다.

창원 액화수소 플랜트 구축 현황

강부민

하이창원(주), 창원산업진흥원

Construction Status of Changwon Liquefied Hydrogen Plant

Boomin Kang

Hychangwon Co.,Ltd, Changwon Industry Promotion Agency

요 약

수소에너지는 수소를 원료로 사용하기 때문에 사용하는 과정에서 오직 물(H₂O)만 배출될 뿐만 아니라, 화석연료 사용 시 배출되는 CO₂ 등 환경에 유해한 부산물이 발생하지 않아 신에너지로 주목받고 있다. 풍력 및 태양광 등 신·재생에너지를 통해 생산된 전력으로 물을 전기분해하여 수소를 생산할 경우, 에너지의 생산부터 소비까지 전 과정에 걸쳐 이산화탄소 배출가스 제로(zero) 시대가 가능하게 된다.

이러한 수소의 원활한 활용을 위해서는 체적 당 에너지 밀도가 낮은 수소를 어떠한 방식으로 높은 밀도를 유지하면서 저장·운송 하는지가 중요한 과제이다. 이러한 이유로 에너지 밀도가 높고 가벼워서 운송 및 저장이 용이하면서도 저압에서 대용량 저장 및 안전성은 확보된 액화수소가 전 세계적으로 각광 받고 있는 실정이다.

다만, 액화수소를 제조하는 과정에서 단순 압축 저장 방식에 비해 많은 에너지가 필요한 점과 국내에서는 액화수소 관련 법 및 규정이 존재하지 않아 규제샌드박스 절차를 이행하여야 한다는 부분들은 국내 액화수소 산업 활성화에 있어 큰 애로사항으로 작용될 것으로 사료된다. 또한, 현재 수소 액화 전환 원천 기술에 대한 국내·외 기술 격차가 상당히 크다는 점은 조속히 해결해야 할 과제이며, 이를 위해서는 국가 차원에서 액화수소 R&D 지원이 이루어져야 할 것이다.

상대적으로 해외에서는 오랜 기간 동안 설비 운영을 통해 액화수소 플랜트에 대한 안정성을 입증해 오고 있는 한편, 국내에서는 최근 대형 수소모빌리티(버스, 트럭) 보급 확대에 따라 기업(하이창원, 효성-린데, SK)을 중심으로 액화수소 플랜트 구축 추진 및 액화수소 공급 계획을 발표하였다.

본 발표에서는 국내 최초로 준공(‘23.6.) 예정인 창원 액화수소 플랜트(5톤/일 생산) 구축 현황에 대해 소개하고자 한다. 이를 통해 국내 액화수소 연구 분야에 원천적인 기술적 안내뿐만 아니라, 액화수소 주기기 및 보조기기 개발을 위한 가이드라인을 제시하여 국내 기업들이 액화수소 관련 기술을 보유함으로써 해외 설비사와의 기술 격차를 줄이는데 기여하고자 한다.

Acknowledgement : 본 연구개발은 산업통상자원부가 지원하고 한국에너지기술평가원이 관리하는 「신재생에너지 핵심기술 개발사업」(과제번호 : 20223030040120)의 지원으로 수행되고 있습니다.

수소의 대량운송을 위한 액화수소용 탱크 트레일러 개발 및 실증 연구

김경수, 임동우, 김대성, 홍성호, 차건종*

(주)크리오스, * (주)대창솔루션

Development and demonstration research of liquefied hydrogen tank trailer for mass transportation of hydrogen

Kyungsoo Kim, Dongwoo Lim, Daeseong Kim, Seong-Ho Hong, Keunjong Cha*

*Cryos Co.,Ltd. , *Daechang Solution PLC*

요 약

수소의 저장과 수송에 수반되는 비용을 줄이기 위해서는 자연적인 기체 상태의 수소에 변화를 주어 부피당 에너지 밀도를 높여야 한다. 수소의 저장 및 운송과 관련된 시장은 급속하게 성장하고 있어 2030년까지 70억불의 수소공급망 투자를 발표한 일본을 포함한 전세계 시장규모가 2026년까지 10억불 규모로 성장할 것으로 알려져 있다. 이 중 액화수소는 압축수소보다 에너지 밀도가 2배 이상이어서 대량의 저장과 수송에 적합하므로 에너지 자원 분포 특성상 해외에서 생산된 청정수소를 다량 수입할 예정인 국내의 실정으로는 대용량 장거리 운송용 액화수소 운송체계를 조속하게 확보할 필요가 있다.

하지만, 우리나라 액화수소 관련 기술수준이 미국, 일본, EU 등 선진국에 비하여 수년 이상의 격차로 뒤처지고, 법규나 기준도 미비하여 관련 산업의 성숙도가 낮은 실정이다. 따라서 정부에서는 국내 액화수소 산업생태계의 신속한 조성을 위하여 액화수소 저장과 수송기술에 대한 연구개발을 집중 지원하고 있다. 특히, 액화수소 수송시스템에 대하여는 최고 수준의 단열기술과 이를 적용한 안전설계 기술의 확보가 필요한데 미국에서 3.5톤 용량의 장대형 탱크 트레일러의 실증이 진행되는 것을 감안하여 국내에서는 2024년까지는 3톤급 탱크 트레일러를 확보할 계획이다.

본 발표에서는 수소의 대량수송을 위한 초저온 탱크 트레일러 개발과 실증을 위한 정부지원 연구개발 과제의 추진 현황을 소개하여 액화수소 생산에서 활용까지의 전주기에 있어 수송 분야 준비 상황과 일정에 대한 이해를 높임으로써 향후 상용화 단계에서의 유관 기관과의 상호 협력을 긴밀하게 도모하고자 한다.

Acknowledgement : 본 연구개발은 산업통상자원부가 지원하고 한국에너지기술평가원이 관리하는 「신재생에너지 핵심기술 개발사업 : 액체수소 운송을 위한 3,000 kg 용량 탱크 트레일러 개발 및 실증」(과제번호 : 20223030040120)의 지원으로 수행됨.

100 kg/hr급 액화수소 기화공급시스템 개발 현황

김창수, 구병수, 박영민, 이윤혁, 손성재
(주)동화엔텍

The Current Research Activities of Design Engineering of Gas Supply System for Liquefied Hydrogen

Changsu Kim, Byoungsoo Koo, Youngmin Park, Yoonhyeok Lee, Seongjae Son
Donghwa Entec Co.,Ltd.

요 약

환경오염으로 인한 수소 사회로의 전환은 필연적이나 기술적 한계로 인한 안전성 및 경제성 확보가 해결과제로 남아있는 상황이다. 액화수소 저장방식의 경우 5 기압 수준으로 고압 기체수소 저장방식에 비해 안전하며 700 기압 기체수소 저장방식과 비교하여 약 1.7배 정도 저장효율도 높다. 고압 수소 관련 기술의 경우 상용화 수준이지만 수소의 경제성 및 안정성 확보를 위해서는 대량의 수소 생산·운송·저장 및 활용에 적합한 액화수소 관련 기술 확보가 필수적이다. 특히 수소 인프라 중 대중적인 수요처, 수소 충전소에 적용이 시급한 상황이다.

대형 상용차의 경우 배터리 기반 자동차(BEV)에 비해 수소 전기차(FCEV)에서 경제성이 확보될 수 있으나 국내에는 대량 충전이 가능한 액화수소 충전소가 전무한 상황이며 고압 수소 저장방식으로는 40톤 트레일러로 1회 충전량 40 kg인 버스 10대 분량의 충전이 한계이다. 따라서 고압 수소 저장방식 충전소의 액화수소 저장방식으로의 전환 기술이 필수적이다. 액화수소 제품은 국내 기준 및 법규의 미비로 인해 해외 선진사가 독점하는 상황이므로 정부에서는 액화수소 저장 및 기화공급시스템에 대한 연구개발을 지원하고 있다.

액화수소 기화공급시스템의 연구개발은 Anti-icing, 열매유 선정, 냉열 회수시스템 등을 핵심 기술 목표로 진행되며 액화수소의 경우 액화질소와 공기의 어는점보다 낮은 영하 253 ℃ 이하의 극저온으로 불활성기체 치환, 예냉 과정에서 운전절차 및 안전사항 등 고려해야 할 사항이 많다. 고압 수소충전소 압축기 후단과 디스펜서 전단의 냉각에 필요한 높은 전력량을 액화수소에서 회수된 냉열 활용으로 운영비를 최소화하는 것이 핵심이다.

본 발표에서는 액화수소 기화공급시스템의 Anti-icing 설계와 열매유 선정으로 영하 253 ℃ 이하의 극저온 핵심부품의 설계기술 확보와 냉열 회수 및 활용으로 경제성을 향상하는 등 현재 정부 지원으로 진행되고 있는 일련의 설계기술 연구개발 현황에 대하여 소개하고자 한다.

Acknowledgement : 본 연구개발은 산업통상자원부가 지원하고 한국에너지기술평가원이 관리하는 「1톤급 액화수소 저장탱크 및 충전 공급 기술개발사업」(과제번호 : 202273000005A)의 지원으로 수행되고 있습니다.

액화수소 저장/공급 시스템을 적용한 대용량 수소충전소 전환기술 및 실증

김호영

(재)창원산업진흥원

Demonstration and technology conversion of large-scale hydrogen refueling station applied to liquid hydrogen storage and supply systems

Ho Young Kim

Changwon Industry Promotion Agency

요 약

정부는 2018년 ‘혁신성장전략투자방향’의 3대 투자 중 하나로 수소경제를 선정하며, 우리 경제의 신성장 동력으로 성장시키기 위해 2019년 수소경제 활성화 로드맵을 발표하며 수소산업 생태계 구축을 위한 지원을 지속하고 있다. 이후 국내 수소차 시장은 수소차 보급계획에 따라 버스, 트럭 등 상용차량으로 확대되고 있으며 수소충전 인프라의 수요도 지속적으로 증가하는 추세다. 현재 보급되고 있는 고압 수소저장방식 수소충전소는 수소 저장/충전용량, 설비 운영 등의 한계로 저장밀도가 높은 액화수소 활용 방식이 수소충전소 도입을 준비 중이다. 본 연구는 기체수소 저장방식 수소충전소를 액화수소 저장방식 수소충전소로 전환하는 것을 목표로 액화수소 저장탱크 및 공급설비를 개발하여 기존 기체수소 충전소에 설치 및 실증 운영한다. 이후 해당 설비의 경제성, 안전성을 평가하기 위해 기존의 고압 기체충전소와 비교 평가하고 액화수소충전소 국내 도입을 위한 기술표준을 개발한다.

사 사

본 연구개발은 산업통상자원부가 지원하고 한국에너지기술평가원이 관리하는 「액화수소 저장탱크를 적용한 대용량 수소충전소 전환기술 및 실증」사업(과제번호 : 2022730000005C)의 지원으로 수행되고 있습니다.

수소 연료전지 하이브리드 시스템 제어 기술

이강윤, 최우영, 조석호, 이대은
(주)컨트롤웍스

Hybrid System Control Technology for Hydrogen Fuel Cell

Kangyoon Lee, Wooyoung Choi, Sukho Cho, Daeun Lee
ControlWorks, Inc.

요 약

수소 모빌리티 내 연료전지 하이브리드 시스템은 연료전지, 컨버터, 고전압 배터리, 모터 등으로 구성된다. 연료전지에서 발생한 전력과 배터리 충/방전 전력을 조합하는 방법에 따라 시스템 구성이 몇 가지로 구분된다. 시스템의 효율 측면에서 운용 환경에 따른 적절한 시스템 구성을 채택할 필요가 있다.

연료전지 성능은 고전류 영역에서 물질 전달 손실에 의해 출력이 급감하는 특성이 있다. 고부하 운용 시 이러한 연료전지 출력 및 효율 저하를 방지하기 위해 배터리가 모터의 구동을 보조하게 된다. 이 때, 수소 모빌리티의 전력 요구에 따른 연료전지와 배터리의 적절한 출력 제어를 통해 시스템 효율을 높이는 것이 가능하다.

이를 위하여 수소 모빌리티의 동역학적 모델링을 기반으로 Model-in-the-Loop(MIL)과 Hardware-in-the-Loop(HIL) 테스트를 수행하는 모델 기반 제어개발 프로세스를 채택한다.

본 발표에서는 현재 정부 지원으로 진행되고 있는 일련의 제어기술 연구개발 상황에 대하여 소개하고자 한다.

Acknowledgement : 본 연구개발은 산업통상자원부가 지원하고 한국에너지기술평가원이 관리하는 「액체수소저장 충전소를 이용한 수소광역버스 성능 및 내구성 향상을 위한 제어기술 개발 및 실증」(과제번호 : 202273000005B)의 지원으로 수행되고 있습니다.

가속내구모드 개발을 위한 수소광역버스 주요 부품 동작특성 분석

박장훈, 김예진, 최태열, 안용수, 남충우, 이호길
한국자동차연구원

Analysis of FCEB Parts Operational Characteristics for Development of Accelerated Endurance Mode

**Janghun Park, Yejin Kim, Taeyeol Choi, Yongsoo An, Chungwoo Nam,
Hokil Lee**
Korea Automotive Technology Institute

요 약

정부는 '22.11월 제5차 수소경제위원회에서 청정수소 생태계 조성방안을 발표하며 수송부문에서 수소의 장점을 극대화할 수 있는 수소상용차를 '22년 211대, '25년 5,000대, '30년 30,000대로 중점 보급하겠다는 정책방향을 발표하였으며, '23.2월 수소버스를 대량으로 보급하기 위해 '수소연료전지시스템 구매지원 시범사업'을 추진하는 등의 국가적 지원계획을 수립하였다. 이러한 국가적 지원에도 불구하고 수소전기버스(Fuel Cell Electric Bus)는 전기버스(Electric Bus) 대비 높은 가격, 부족한 충전인프라, 짧은 보증기간으로 인해 보급이 부진한 상황이며 정부지원을 통해 보증기간을 연장하는 시범사업을 실시할 예정이다.

그러나 이러한 정부보조금 지원은 근본적인 해결책이 될 수 없으며 수소전기버스 부품의 내구성이 확보되어야 한다. 현재 국내시장 기준 약 300여대의 수소전기버스가 보급되어 운행 중에 있으나, 이는 모두 도시(권)의 내부를 운행하는 시내버스로 저상버스에 해당되며, 광역/시외버스 등 장거리 운행노선에서 사용되는 고상버스는 '23.4월에 출시되어 공모를 통해 선정된 지자체, 운수업체에 점차적으로 보급될 예정이나 이 또한 400대(저상300, 고상100) 수준이다. 이처럼 수소전기버스는 보급대수가 적어 실 주행 환경에서의 내구성을 판단할 수 있는 표본이 적을뿐더러, 높은 수소전기버스 가격으로 인해 중소 부품업체에서 직접 차량 구매를 통한 개발 및 생산부품 모니터링 또한 어려운 실정이다.

본 연구에서는 수소전기버스 보급 확대를 위한 액화수소 충전소용 저장탱크 및 수소공급시스템 기술개발 사업의 일환으로 수소전기버스 실도로 주행환경을 모사한 가속내구모드 개발을 위해 수소광역버스 주요 부품의 동작특성에 대한 분석을 진행하였으며 이를 활용하여 가속내구모드 개발을 통해 수소광역버스 부품 내구성 향상을 위한 기술개발에 활용할 예정이다.

Acknowledgement : 본 연구개발은 산업통상자원부가 지원하고 한국에너지기술평가가원이 관리하는 「액체수소 충전소용 저장용기 및 수소공급시스템 기술개발 및 운영 실증사업」 액화수소저장 충전소를 이용한 수소광역버스 성능 및 내구성 향상을 위한 제어기술개발 및 실증(과제번호 : 202273000005B)의 지원으로 수행되고 있습니다.

포스터 발표.

LPG 탱크로리의 저장 용량에 따른 폭발영향 평가

곽현준, 김진서, 김태호, 이승준, 이근원*, 정승호*
아주대학교 환경공학과, *아주대학교 환경안전공학과

Evaluation of Explosion Effect by Storage Capacity of LPG Tank Lorry

Hyunjun Kwak, Jinseo Kim, Taeho Kim, Suengjun Lee, Keunwon Lee*,
and Seungho Jung*

Department of Environmental Engineering, Ajou University, *Department of Environmental
and Safety Engineering, Ajou University

요 약

LPG연료는 질산화물과 미세먼지의 배출량이 적으며 일산화탄소를 배출하지 않는 청정연료이다. 낮은 압력에서 액화가 가능하여 수송과 운반이 편리하고 연료공급을 위한 시설이 많이 구축되어 있다. 이에 따라 그 사용량은 2021년 기준 1억 2322만 7천 배럴까지 증가하였다. 하지만 사고의 위험성 또한 증가하였다. 2022년 11월 16일 대구의 LPG충전소에서 폭발이 발생하여 3명의 중상자와 5명의 부상자가 발생한 사고가 그 예시이다. 또한 2018년 물류정책기본법 시행규칙이 개정됨에 따라 최대적재량 이상의 위험물질운송차량에는 이동통신단말장치의 설치가 강제되었다. 최근 법적 규제가 강화되며 위험물질운송차량의 사고예방이 우선시 되는 만큼 LPG 운송차량의 누출, 화재, 폭발사고 발생 시 영향평가에 대한 연구가 이루어져야 한다.

본 연구에서는 LPG 탱크로리의 물질량과 사고 형태에 따라 사고시나리오를 구성하였다. 이에 따른 공정조건을 도입해 규정수량과 임의의 지정수량에 대한 누출, 폭발 영향 평가를 하였으며 물질량에 따른 폭발과압 및 복사열 강도와 국내의 폭발과압 대피권고 기준에 따른 피해영향범위를 비교하였다. BLEVE(Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion)의 폭발과압 Contour는 DNV GL 사의 PHAST(V8.7)로 산출하였으며 복사열 강도 Contour는 U.S.EPA의 ALOHA로 산출하였다. VCE(Vapor Cloud Explosion)는 GEXCON사의 FLACS로 산출하였다. 피해영향범위 산정 결과, VCE 폭발과압은 1.497kPa로 국내 대피권고기준인 6.9kPa에 비해 매우 작은 값이었다. BLEVE의 폭발과압별(6.9kPa, 24.1kPa, 55.2kPa) 영향거리는 물질량이 증가함에 따라 소폭 증가하였고, 국내 대피권고기준인 6.9kPa에서는 규정수량과 지정수량의 영향거리 차이가 약 15.08m 발생하였다. 복사열 강도별(1.6kW/m², 5kW/m², 12.6kW/m²) 영향거리는 국내 대피권고기준인 5kW/m² 에서 67m의 차이가 발생했다. 위 연구를 통해 LPG 탱크로리에서 물질량이 증가할 때 폭발과압보다 복사열강도가 피해영향범위에 큰 영향을 끼친다는 것을 확인할 수 있었다. 하지만 주변의 지형지물을 고려하지 않고 VCE의 폭발과압을 계산하였기 때문에 다양한 케이스에 대한 추가 연구가 필요할 것이다.

* 본 연구는 2023년도 산업통상자원부의 재원으로 한국산업기술진흥원의 산업혁신인재성장사업(과제번호 P0012787)으로 수행되었음.

탱크로리 LP가스 누출사고 사례에 관한 연구

김명은, 오호근, 김성진

한국가스안전공사

A Study on the Case of Liquefied Petroleum Gas Release in Tank Lorry

Myeong Eun Kim, Hyogeon Oh, Seongjin Kim

Korea Gas Safety Corporation

요 약

최근 소형저장탱크 보급이 활성화되면서 LP가스 탱크로리 수요가 증가함에 따라, 탱크로리에서 가스누출 사고 또한 빈번하게 발생하고 있다. 주로 부품 노후에 의한 설비결함, 취급 부주의에 의한 인적오류 및 교통사고에 따른 누출로 저장탱크 내의 가스가 누출되면 인근의 점화원에 의해 폭발 사고로 직결될 수 있으므로 집중적인 관리가 필요한 분야이다. 프로판(Propane) 및 부탄(Butane)은 공기보다 무거운 가스로 저장탱크에서 누출되면 낮은 곳에서 체류 되기 때문에 환기가 매우 중요하며, 특히 탱크로리는 주택가를 벗어나 안전한 장소에서 퍼지 및 이송작업을 진행하여야 한다. 설비결함 사고는 노후 된 부품이 충격과 진동 등에 취약하고, 취급 부주의와 교통사고는 장시간 운행에 따른 휴먼에러에 의해 발생한다. 이러한 탱크로리 사고는 주변 통제가 어려우므로 사고에 대한 신속한 초동조치 방안이 필요한 상황이다.

탱크로리 가스누출은 대부분 부속설비에서 발생하므로 조치를 위해서는 저장탱크 내의 가스를 회수하여야 한다. 가스 이송설비가 있는 기지 및 충전소 등으로 이동을 위해서는 이동시간 누출 방지를 조치가 필요하다. 이를 위해 최근에 강원권사고조사팀에서 액화 질소를 이용한 사례를 업계에 전파하여 2차사고 예방에 기여하고자 한다.

LPG 벌크로리 주요 사고사례 검토에 관한 연구

오동석, 최성원, 이준희, 남성현, 조근욱
한국가스안전공사

The Review on the Major Accident Cases of LPG Bulk Lorry

Oh Dongseok, Choi Sungwon, Lee Junhee, Nam Sunghyun, Jo Gunwook
Korea Gas Safety corporation

요 약

국내의 다양한 장소에서 설치된 LPG 소형저장탱크(지상에 고정 설치된 탱크)의 경우, 별도의 충전설비가 설치되어 있지 않아 LPG를 충전하기 위해서는 Pump 또는 Compressor가 부착된 벌크로리(차량에 고정된 탱크)가 사용된다. 최근 몇 년간 가스 소비량이 꾸준히 증가함에 따라 소형저장탱크와 더불어 벌크로리 역시 증가하는 추세를 보이는 한편 벌크로리의 전체 운행이 증가되면서 관련 사고도 지속적으로 증가하고 있는 실정이다.

벌크로리와 관련한 작업은 크게 3가지가 있다. LPG 충전소로부터 벌크로리로 충전하는 이입작업, 벌크로리로부터 LPG 소형저장탱크로 충전하는 이송작업 및 차량에 고정된 탱크를 운반하는 작업으로 구분된다. 이입·이송 작업 시 유의사항, 작업 전후 확인사항 및 조치사항 등은 관련 법과 기준이 있지만 사고는 부주의하고 아차하는 순간 발생하기 때문에 작업 중에는 항상 작업절차를 철저히 준수하여야 한다.

특히, LPG 소형저장탱크 충전작업 시 고압의 액화가스가 주입되기 때문에 소량이라도 누출될 경우 대형 사고로 이어질 위험성이 있어 벌크로리의 부속설비 및 충전작업 관련 내용을 충분히 숙지할 필요가 있다. 또한, 벌크로리는 차량으로써 도로 위에서 발생하는 미끄러짐, 전복, 추돌 등 차량 사고와 관련한 위험에서도 자유로울 수 없기 때문에 운반 시 주의사항과 사고 발생 시 대응요령에 대해 운전자에 대한 충분한 교육과 더불어 전문성이 필요할 것으로 본다.

30kPa 이하에서 사용 가능한 대용량 배관용 퓨즈콕 개발

이지희, 오정석
한국가스안전공사 가스안전연구원

Development of fuse cock for large capacity piping that can be used below 30kPa

JiHee Lee, JeongSeok Oh
Institute of Gas Safety R&D, Korea Gas Safety Corporatio,

요약

산업통상자원부고시 제2020-7호 별표 제1호다목2)가)에 따라 퓨즈콕 설치를 규정하고 있지만, 3.3Kpa초과 30Kpa이하에서 사용 가능한 배관용 퓨즈콕이 존재하지 않아 본 연구를 통해 대용량 배관용 퓨즈콕 제품 개발 및 시설·기술·검사기준 마련하고자 한다.

연구를 통해 푸드트럭 등 대용량 연소기를 사용하는 가스시설에서 불법개조제품 사용의 근원적 차단 및 안전사각지대 해소하고 3.3Kpa~30Kpa 시설에서 사용 가능한 연소기 확대를 통해 기술적 안전성을 확보할 것으로 예상된다.

현재 준저압 연소기, 과류차단 안전장치 사용실태 조사 및 저압용 퓨즈콕 차단성능 시험 기준 분석을 통해 준저압 적용방안 검토를 바탕으로 준저압용 퓨즈콕 시제품 설계·제작의 진행 과정에 있다.

제작된 시제품은 차단성능 시험 및 퓨즈콕 관련 시험항목별 적용·검토하여 결과 분석을 통해 준저압용 퓨즈콕 검사기준안의 도출에 활용하고자 한다.

한국가스안전공사에서 개발제품 기술지원을 통해 영세제조사 제품 개발 비용 대폭 감소 등의 긍정적인 경제적 효과도 예상된다.

본 연구에서는 초기 단계이지만 대용량 연소기를 사용하는 가스시설에서 사용 가능한 대용량 퓨즈콕을 개발·시험 평가하여 연소기 사용의 편의성과 안전사고 예방에 대한 방향을 제시하고자 한다.

LPG 소형저장탱크 안전성 향상에 관한 연구

정지운, 신현국, 이재훈
한국가스안전공사 가스안전연구원

A Study on Improving the Safety of LPG Small Storage Tank

Ji-woon Jeong, Hyun-guk shin, Jae-hoon Lee
Institute of Gas Safety R&D, Korea Gas Safety Corporation

요 약

LPG 소형저장탱크는 액화석유가스를 저장하기 위해서 고정 설치된 탱크로서 저장 능력이 3톤 미만인 탱크를 말한다. 저장 능력이 3톤 미만으로 허가 대상에서 제외되며, 설치가 편리하여 22년기준으로 1만 9,298기에 대한 시설검사가 수행되었다.

2022년 기보급된 LPG 소형저장탱크 공급설비 압력 조정기에 액 유입에 따른 가스누출 사고가 발생했으며, 액 유입의 원인으로 중 하나로 과충전 방지장치 오작동이 제시되고 있다.

현재 LPG 소형저장탱크의 과충전방지장치 설치는 상세기준 ‘KGS AC114’을 따르고 있으나, 과충전방지장치의 성능시험 기준이 부재하여 과충전에 따른 액 유입 사고 발생이 우려되고 있다.

따라서, 본 연구에서는 미국 규격협회(ANSI)의 기준인 UL2227에서 제시하는 과충전 방지장치의 개폐 성능 시험 절차를 분석하였다. 분석 결과를 바탕으로 국내 Float식 과충전 방지장치 장비의 한계 인장력과 개폐 성능 시험 압력 기준을 설정하여 기준안을 제시할 예정이다.

냉방기류가 이동식부탄연소기 사용에 미치는 영향에 대한 실증 연구

최성원, 오동석, 김완구, 이준희, 남성현, 이철우
한국가스안전공사

The Effects of Air-conditioned airflow on the Use of Portable Butane Stoves

Choi Sungwon, Oh Dongseok, Kim Wankoo, Lee Junhee, Nam Sunghyun,
Lee Chulwoo
Korea Gas Safety corporation

요 약

음식점에서 주로 사용하는 테이블형 부탄가스용 연소기에서 매년 빈번한 사고가 발생함에 따라 사고 발생 요인을 분석한 결과, 더운 날씨로 인해 실내에서 사용되는 냉방기로부터 발생하는 기류가 테이블형 부탄가스용 연소기의 열원에 영향을 주어 연소기에 장착된 접합용기의 내부압력을 상승시키는 주요 요인으로 확인되었다.

이에 따라 음식점뿐만 아니라 가정집 등에서도 보편적으로 사용되고 있는 이동식 부탄연소기를 대상으로 냉방기기 등의 주변 기류에 의해 이동식부탄연소기 및 장착된 접합용기에 대해 관찰하였다. 또한 국내에는 다양한 형태의 이동식부탄연소기가 사용되고 있는 실정으로 이동식부탄연소기의 구조적 차이에 따른 냉방기류의 영향 정도를 분석하였다.

본 연구에서의 실증 실험을 통하여 도출된 결과를 토대로 문제점이 발생된 이동식 부탄연소기의 구조적인 인자를 고려하여 보다 안전성을 확보한 이동식부탄연소기의 개발에 도움이 될 수 있을 것으로 기대하고 있다. 또한, 축적된 데이터를 적극적으로 활용함으로써 사고조사 업무 시 전문적이고 과학적인 접근을 통해 신속하게 사고원인을 규명할 수 있을 것으로 기대한다.

원전 판형 열교환기의 내진 건전성평가

이한희 · 정기혁 · 한우섭

한국산업안전보건공단 산업안전보건연구원

Seismic Integrity Analysis of Plate Heat Exchanger in Nuclear Power Plant

HanHee LEE · KiHyuck JUNG · OuSup HAN

Occupational Safety & Health Research Institute, KOSHA, Deajeon 305-380, Korea

요 약

국내 원전의 내진설계에 사용되는 설계지진은 대부분 0.2g의 안전정지지진(SSE)으로 설계되었으며, 신규 원전은 0.3g의 설계지진을 이용하여 설계되었다. 최근 국내외 지진발생사례를 통해 국내 원전의 경우, 설계지진강도 0.3g를 적용하는 것에 대한 면밀한 검토가 필요하다. 본 논문에서는 기존 판형열교환기 내진설계기준인 안전정지지진 0.2g와 신규 원전 내진설계기준인 안전정지지진 0.3g를 이용하여 각 부재에 대한 내진응력해석결과로부터 내진응력여유도를 비교하여 평가하였다. 내진해석방법은 IEEE Std. 344에 제시된 절차에 따라 모드해석을 통하여 판형 열교환기의 고유진동수를 파악하고 응답스펙트럼해석을 수행하여 기기의 응력을 구하여 판형열교환기의 구조적 건전성을 검증하였다. 허용응력은 운전한계조건(Normal, Upset, Faulted Condition)에서 KEPIC MND 및 MNF에 대한 설계기준에 따라 결정하였다. 판형 열교환기의 내진해석은 유한요소해석프로그램인 ANSYS를 이용하여 SRSS방법으로 하중을 조합하여 수행하였다.

액화수소 저장탱크/압력용기류의 진공·단열 성능평가를 위한 B.O.G 시스템 해석

곽주환, 오진식, 양승일, 이미림, 김한결, 정진보
(주)에스지티

**Performing simulation of B.O.G. system to calculate and analyze on
vacuuming & insulation on liquified pressure vessel & tank**

**JU-HWAN KWAK, JIN-SIK OH, SEUNG-IL YANG,
MI-RIM LEE, HAN-GYEOL KIM, JIN-BO JUNG**
SGT Corporation

요 약

국내수소 산업은 정부가 직접 참여하여 국가적인 수준에서 지원하고 있으며, 안전을 최우선으로 수소 모빌리티의 확대와 수소 가격 저감 및 수소 인프라 보급을 위해 여러 정책을 추진하고 있다. 또한, 수소경제 활성화를 위해 생산, 운송, 저장 분야의 기술개발을 위해 많은 투자가 이루어지고 있다. 이에 따라 수소의 경쟁력을 확보하기 위해 높은 에너지밀도가 요구되는 액화수소 제조·저장·운송 기술이 대두되었다. 다만, 국내의 경우 액화수소에 대한 주요 기술은 해외에 의존하고 있으며, 액화수소 저장장치에 대한 기술은 부족한 실정이다. 액화수소 이송/보관을 위한 핵심요소인 탱크로리, 저장용기, 저장장치에 대한 안전성을 검증할 수 있는 기술이 부족하며, 신뢰성 확보를 위해 해외 선진사의 액화수소 관련 성능평가(시험 절차서, 시험기준, 요소별 시험방법이 개발)와 실증을 기반으로 안전기준을 검증 및 제도화 되어진 것을 활용하고 있다. 우리나라에서도 국내 환경에 적합한 액화수소 관련 검증기술을 개발하기 위해 평가성능 장치 개발과 부품의 안전성을 검증할 수 있는 방법과 관련 기술 고도화 및 기술기준 개발을 위해 적극적으로 지원하고 있다.

본 연구에서는 액화수소 사용환경에 적용되는 저장장치의 B.O.G에 관한 시스템 안전성에 대한 연구내용을 소개하고자 한다.

Key words : Liquid Hydrogen(액화수소), Liquid Hydrogen Technologies(액화수소기술), Cryogenic Design(극저온 설계), Test Certification(인증시험), Empirical Evaluation(실증평가)

Acknowledgement : 본 연구는 산업통상자원부(MOTIE) 및 한국에너지기술평가원(KETEP)의 2022년 산업기술혁신사업 지원으로 수행되었습니다. (No.20227310100020, 액화수소 저장탱크/압력용기류의 진공·단열 성능평가 기술/안전기준 개발)

†Corresponding author : jhkwak@sgt.ne.kr

하이브리드 적층 구조에 따른 Type 4 수소저장용기 구조적 성능 분석

김건우, 조항규, 박규환, 김한상[†]
가천대학교 기계공학과

Structure Performance Analysis of Type 4 Hydrogen Storage Vessel according to Hybrid Composite Laminate Structure

GUNWOO KIM, HANGKYU CHO, KYUHWAN PARK, HANSANG KIM[†]
School of Mechanical Engineering Gachon University, 1342 Seongnam-dareo, Sujeong-gu, Seongnam-si, Gyeonggi-do, Republic of Korea

요 약

최근 지속적으로 제기되는 환경 문제에 따라 국내외적으로 탄소 중립을 위한 친환경 에너지에 대해 국민의 관심이 증가하고 있으며 이를 활용하는 연구가 증가하고 있다. 그 중, 수소에너지를 활용한 수소 연료전지 자동차에 대한 이목이 증가함에 따라 수소저장용기에 대한 안전성을 향상시키기 위한 연구 또한 증가하고 있는 추세이다. 본 연구에서는 기존의 탄소 섬유만 활용한 수소저장용기와 대비하여 안전성을 향상시키며 무게 및 원가를 절감시킬 수 있는 하이브리드 적층 구조를 가진 수소저장용기에 대한 적층 구조별 영향 분석 연구를 수행하였다. 본 연구에서 설계한 Type 4 수소저장용기는 상용 구조해석 프로그램인 ABAQUS를 활용하여 FE 모델링을 수행하였다. 하이브리드 복합재료 부의 물성은 T700S/Epoxy 및 E-glass/Epoxy를 선정하였으며 WoundSim을 활용하여 FE 모델링을 수행하였다. 이후, 복합재료 부의 적층 구조 등과 같이 설계 변수를 선정하였고 FE 모델링된 수소저장용기를 토대로 구조 해석을 수행하여 변수별 과열압력 부여 시의 복합재료 부 최대 섬유 방향 응력 및 파손 부위를 분석하였다. 이를 통해, 하이브리드 적층 구조를 가진 수소저장용기의 구조적 안전성을 판단하였고 최대 섬유 방향 응력을 감소시킴으로써 1MPa 이상의 고압용기 안전기준인 2.25를 만족하는 용기를 설계하는 결과를 도출하였다.

본 연구는 산업통상자원부(MOTIE)와 에너지기술평가원(KETEP)의 “신재생에너지 핵심기술개발사업”의 지원을 받아 연구한 과제입니다. (No. 2022303004020A)

본 연구는 산업통상자원부(MOTIE)와 한국산업기술평가관리원(KEIT)의 “소재부품기술개발사업”의 지원을 받아 연구한 과제입니다. (No. 20022511)

Type 4 대용량 수소저장용기 충전 상황 유동 해석 시뮬레이션

정경현, 김한상[†]

가천대학교 기계공학과

Fluid Analysis Simulation of Large Capacity Hydrogen Tank During Refueling

CHUNG KYUNG HYUN, KIM HAN SANG[†]

*School of Mechanical Engineering, Gachon Univ. 1342, Seongnam-daero,
Sujeong-gu, Seongnam-si, Gyeonggi-do, Republic of Korea*

요약

현재 수소전기차 충전 시 수소 가스를 고압으로 충전하는데, 고압 충전 시 내부의 압력 상승, 줄 톨슨 효과에 따라 수소 탱크 내부의 온도는 고온으로 상승하게 된다. Type 4 수소저장용기의 경우, 용기 내부 라이너의 재질은 PA6로, 저온 및 고온(-40° C ~ 85° C)에서 취약한 특성이 있다. 이에 따라, 본 연구에서는 수소저장용기 고압 충전 시 내부 온도 변화, 최대 온도, 고압 충전 시 유동 형상을 파악하기 위하여 상용 유동 해석 프로그램인 ANSYS CFX를 활용하여 유동 해석 시뮬레이션을 수행하였다. Type 4 수소저장용기의 라이너는 PA6, 용기 양단 돔 부의 Nozzle 은 Al6061-T6 물성을 선정하였으며, 복합재 부는 T700s/Epoxy 물성을 선정하여 용기를 설계하였다. Gas Model은 Soave Redlich Kwong, 난류 모델을 BSL Reynolds Stress Model을 활용하여 해석을 수행하였으며, 또한, 해석 시간의 효율성을 증대시키기 위하여 Half 모델을 활용하여 해석을 진행하였다. Inlet의 Pre-Cooling Temperature는 -30° C 로 설정하였으며, 이후 모델링된 데이터를 토대로 수소저장용기의 충전 상황 모사를 위하여 30초 간의 비정상 상태 유동 해석을 수행하였다. 해석 결과를 통해 충전 중 시간에 따른 유동장 내부 평균 압력 변화 및 평균 온도 변화를 확인하였으며, 충전 완료 후 용기 내부의 최대 온도가 85° C를 넘지 않음을 확인하였다. 이를 통해 여러 충전 시간 및 충전 압력 조건 속에서 충전을 모사할 수 있는 방법론을 제시하였고, 향후 수소 충전 시 고온으로 상승하는 수소에 의해 수소저장용기에 발생하는 열응력 및 내압에 의한 응력 해석을 수행하여 수명 예측 및 파손 여부를 확인하는 연구에 적용할 예정이다.

본 연구는 산업통상자원부(MOTIE)와 한국 에너지 기술 평가원(KETEP)의 “신재생에너지핵심기술개발사업” 지원을 받아 연구한 과제입니다. (NO. 2022303004020A)

본 연구는 산업통상자원부(MOTIE)와 한국산업기술평가관리원의 “자동차산업기술개발사업”의 지원을 받아 연구한 과제입니다. (NO. 20015346)

재생 HDPE 수지를 이용한 수소저장용 라이너 소재 개발

조항규, 김한상[†]
가천대학교 기계공학과

Development of liner developed for hydrogen tanks using recycled HDPE resin

HANG-KYU CHO, HAN SANG KIM[†]

School of Mechanical Engineering, Gachon Univ. 1342, Seongnam-daero, Sujeong-gu, Seongnam-si, Gyeonggi-do, Republic of Korea

요 약

본 연구에서는 소형 수소저장용기의 HDPE (High density polyethylene) 수지를 대체하고 단점을 보완하기 위해 재생 HDPE를 활용하여 라이너 소재에 적용하기 위한 방법을 조사하였다.

재생 HDPE 수지를 제조하기 위해 초임계 유체 공정을 이용하여 가교 폴리에틸렌 수지를 탈가교화하여 재생 HDPE 수지를 제조하여 가교도 함량에 따른 라이너 소재에 적용하기 위한 물성향상 연구를 진행하였다.

초임계 유체를 이용한 탈가교화 반응은 반응온도에 의해 크게 영향을 받으며 300 °C 부터 380°C 구간에서 온도의 증가에 따라 탈가교화 되었으며, 반응온도에 따라서 가교도 및 분자량을 제어할 수 있었다. 반응온도가 낮을수록 재생 HDPE의 가교도, 분자량, 기계적 물성은 높아지며, 재생 HDPE는 가교전의 원료로 사용된 HDPE 수지와 비교할만한 연신강도와 내충격강도를 보였다.

본 연구의 제조된 재생 HDPE 수지는 물성이 향상되어 기존 라이너 소재보다 물성이 향상된 것을 확인하였다.

본 연구는 산업통상자원부(MOTIE)와 한국 에너지 기술 평가원(KETEP)의 “신재생에너지핵심 기술개발사업” 지원을 받아 연구한 과제입니다. (NO. 2022303004020A)

본 연구는 산업통상자원부(MOTIE)와 한국산업기술평가관리원의 “소재부품기술개발사업”의 지원을 받아 연구한 과제입니다. (NO.20015893)

수소충전소용 고압저장용기 기밀 부 실링의 수소 확산 영향 분석

최인호, 김한상[†]
가천대학교 기계공학과

**Hydrogen Diffusion Effect Analysis of
High-Pressure Storage Vessel Sealing for Hydrogen Station**

IN HO CHOI, HAN SANG KIM[†]

*School of Mechanical Engineering, Gachon Univ. 1342, Seongnam-daero,
Sujeong-gu, Seongnam-si, Gyeonggi-do, Republic of Korea*

요 약

수소경제사회를 구축하는 데 있어서 수소저장용기는 중요한 역할을 하고 있다. 특히, 수소충전소 운영 시 저장 용기의 안전한 관리와 대책이 필요하다. 조사한 바에 따르면 국내외 수소충전소의 사고가 주기적으로 발생하고 있다. 그중 누출 사고가 약 28%로 많은 부분을 차지하고 있다. 최근 금속 소재뿐만 아니라 고분자 소재 즉, 고무 재료에도 수소 침투에 따른 영향을 분석하는 연구가 활발히 진행 중이다. 본 연구에서는 수소충전소용 저장용기의 기밀성능 감소 및 실링의 기계적 파손에 의한 누출 사고를 방지하고자 실링의 수소 침투 영향을 분석하는 연구를 진행하였다. 수소충전소용 저장용기는 고온과 고압의 환경에서 압축된 수소를 저장하기 때문에 용기 내부와 외부의 완벽한 밀폐가 이루어져야 한다. 따라서 외부의 산소가 유입되거나 수소가 외부로 누출되지 않도록 실링의 역할이 중요하다. 본 연구는 상용 구조해석 프로그램인 ABAQUS를 사용하여 연구를 진행하였으며, 100MPa의 내부압력과 수소가스가 물체에 침투하는 특성들을 고려하여 구조해석을 진행하였다. 파트 모델은 Plug, Vessel, O-ring, Backup-ring으로 이루어져 있으며, 효율적인 해석을 위해 Axi-symmetric으로 구성하였다. Plug와 Vessel은 Stainless steel 계열과 SA372의 재료를 사용하였으며, 실링의 역할을 하는 O-ring과 Backup-ring은 EPDM과 PEEK 소재를 사용하여 진행하였다. 해석 과정은 Plug와 Vessel 파트의 체결부터 고압의 수소가 충전되면서 발생하는 내부압력과 열전달 및 수소 확산을 해석적으로 묘사하였다. 이를 통해 실링 재료에 발생하는 수소가스의 영향을 분석하였으며, 또한, 기계적 손상을 초래하는 팽창의 원인에 관하여 확인하였다. 추후 해당 연구를 통해 저장 용기의 사용 수명 및 안전성 향상을 위한 대책 방안을 제안할 예정이다.

본 연구는 산업통상자원부(MOTIE)와 한국산업기술평가관리원의 “소재부품기술개발사업”의 지원을 받아 연구한 과제입니다. (NO.20015893) 본 연구는 산업통상자원부(MOTIE)와 한국 에너지 기술 평가원(KETEP)의 “신재생에너지핵심기술개발사업” 지원을 받아 연구한 과제입니다. (NO. 20203010040010)

SOFC 열병합발전을 위한 바이오매스 가스화 유래 합성가스 공급 조건 최적화

박철우¹, 홍기훈¹, 장은석^{1*}

¹고등기술연구원 수소에너지솔루션센터

Optimization of syngas supply derived from biomass gasification for SOFC cogeneration

Cheolwoo Park¹, Gi Hoon Hong¹, Eun Suk Jang^{1*}

¹*Hydrogen Energy Solution Center, Institute for Advanced Engineering*

요 약

본 연구에서는 농산부산물을 활용해 폐바이오매스 반탄화물의 가스화를 통한 SOFC 열병합발전을 목표로 반탄화물의 특성과 조성, 가스화 조건에 따른 생성 가스의 조성 및 수율을 확인하였다. 투입 원료인 바이오매스 반탄화물의 크기와 비중 등의 특성을 고려해 설계한 상향류식 고정층 가스화 반응기를 통해 실험을 수행하였으며, 산화제의 등가비(equivalent ratio)에 따른 합성가스의 수율과 유효성분(H₂, CO) 조성의 추이를 파악하였다. H₂와 CO의 함량을 높이기 위해서는 가스화 반응이 생성물 쪽으로 평형상태가 이동해야하기 때문에 반응 온도를 높이는 것이 중요하다. 하지만 승온을 위해 과량의 산화제를 공급할 경우 CO가 감소하고 CO₂가 증가할 수 있음을 확인하였으며 시료 투입 속도에 따라 하단, 중단, 그리고 상단에 투입하는 산화제의 최적 유량과 비율이 변함을 확인할 수 있었다.

사사: 본 결과물은 농림축산식품부 및 과학기술정보통신부, 농촌진흥청의 재원으로 농림식품기술기획평가원과 재단법인 스마트팜연구개발사업단의 스마트팜다부처패키지혁신기술개발사업의 지원을 받아 연구되었음(421037031HD020)

Eun-Suk Jang^{*}, Tel : 031-330-7208, E-mail : janges95@iae.re.kr

글라이딩 아크 플라즈마를 이용한 CH₄ 개질 및 합성가스 생성 연구

황상연¹, 이병진¹, 김형래¹, 송형운¹

¹고등기술연구원, 17180 경기도 용인시 처인구 백암면 고안로 51번길 175-28

A Study on the CH₄ Reforming and Syngas Generation Using Gliding Arc Plasma

Sang Yeon Hwang¹, Byung Jin Lee¹, Hyong Rae Kim¹, Hyoungwoon Song¹

¹*Institute for Advanced Engineering, 175-28, Goan-ro 51 beon-gil, Baegam-myeon, Cheoin-gu, Yongin-si, Gyeonggi-do, 17180, KOREA*

요약

수소는 친환경적인 미래 에너지원으로서 고효율의 청정연료로 활용가능하여 메탄(CH₄)이 주성분인 바이오가스로부터 개질을 통해 합성가스를 생산하는 다양한 연구가 이루어졌다. 최근 수증기 개질법의 단점을 보완하고자 촉매를 사용하는 방법과 플라즈마를 이용한 방법이 연구되고 있는데 플라즈마 기술을 적용한 메탄 개질의 경우 고온으로 빠른 화학반응이 가능하며, 분위기 조절이 용이하고 공정 시간이 짧은 장점을 가지고 있다. 특히, 글라이딩 아크 방식의 경우 비교적 높은 전자온도를 발생시켜 분해 효율을 높일 수 있으며 선회 와류 및 난류 유동으로 인해 반응성이 증대되고 전환율과 에너지 효율이 높은 장점을 가지고 있다. 이에 본 연구에서는 글라이딩 아크 플라즈마 장치를 이용하여 메탄으로부터 개질반응 조건에 따른 고농도 수소를 포함한 합성가스 생성에 관한 연구를 진행하였다.

keyword: 바이오가스, 메탄, 플라즈마, 합성가스

사사: 본 연구는 산업통상자원부(MOTIE)와 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구과제입니다.(NO. 20213030040070)

유한요소법을 이용한 수소충전용 압력용기의 균열에 관한 연구

조승현, 최하영, 변성광, 김상현
기계공학부, 동양미래대학교

A Study on Crack of Hydrogen Filling Pressure Vessel Using Finite Element Method

Seunghyun Cho, Ha Young Choi, Sung Kwang Byon, Yun Tae Kim
Department of Mechanical Engineering, Dongyang Mirae University, Seoul, Korea

요 약

수소에너지는 친환경 에너지로써 화석연료를 대체할 에너지원 중의 하나로 경제성 있는 에너지로 사용이 증가되고 있다. 수소에너지를 활용함에 있어 고압으로 기체인 충전하여 수소를 많은 양을 저장하기 위한 수소 압력용기로 Type1 형태의 압력용기로 사용되고 있으며, Type1 형태의 용기는 강 또는 알루미늄의 재료로 제작되고 있다. Type1 형태의 용기는 다른 형태의 압력용기에 비해 가격이 저렴하지만, 부식과 피로에 의한 파손의 위험이 크다. 제조과정에서 압력용기는 결함이 존재할 수 있기 때문에 균열이 존재하는 압력용기에 내압이 작용하고 있는 경우에 대해 압력용기의 건전성을 평가하는 것은 필요하다. 본 연구에서는 압력용기 내부에 표면균열이 있는 수소충전용 압력용기의 구조안전성을 3차원 유한요소해석을 이용하여 평가하였다. 압력용기의 내부 표면균열의 형상은 반타원 형상 균열로 하였으며, 압력용기가 축대칭 형상이므로 해석모델은 압력용기의 1/4 형상만 고려하였다. 압력용기 내부 표면균열의 방향 및 위치가 압력용기의 파괴에 미치는 영향을 확인하고, 압력용기에 작용하는 압력들에 의해 파손될 때의 균열의 깊이를 비교하였다.

본 연구는 2023년도 산업통상자원부의 재원으로 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구과제입니다. (NO. 20215810100040)

차량용 수소 저장용기에서 충전 및 방전 과정에 대한 열유동 해석

김지영, 이창열, 심정연
에이블맥스(주)

Thermal Flow Analysis for Charging and Discharging Process of Hydrogen Storage Tank for Vehicles

Jiyoung Kim, Changryeol Lee, Jeongyeon Shim
ableMAX Co.,Ltd.

요 약

고압 기체를 사용하는 수소연료전지 자동차의 연료충전 과정은 설계 및 운영단계에서 최적 조건을 결정하기 위해 사전에 고려해야 할 점이 많다. Type 4 저장 용기를 사용하는 자동차의 경우 열 안정성을 위해 탱크 내부의 온도 제한이 있고 또한 충전 과정 중에 압축에 따른 온도 상승효과 때문에 유량제어가 필요한 실정이다. 이것은 디스펜서의 중요한 기능 중 하나이기도 하다. 충전 유량은 배관직경과 관 손실 및 압력차를 통해 결정되며 압력 차이가 작게 되면 온도 상승효과는 감소하지만 충전시간이 길어지는 단점이 있다. 충전과 방전과정에 대한 열유동 해석은 충전시스템의 최적화를 위해 선행해야할 중요한 과정 중 하나이다. 더구나 하절기와 같이 환경변수가 충전조건에 영향을 미치는 경우에 관련 변수를 포함한 열유동 해석을 통해 사전에 관련 인자에 대한 영향을 파악할 필요가 있다.

본 연구에서는 Thermal Desktop을 이용하여 고압수소 연료공급 모델을 구성하고 열유동 해석을 통해 충전 및 방전 공정에 대한 해석한 결과를 보여준다. Thermal Desktop은 유체를 lump와 path로 모델링하고 node와 conductor로 구성한 열 모델을 유체 모델과 tie로 연결하여 해석을 수행하는 1차원 기반의 열전달 및 유동 해석 프로그램으로 고압수소 충전 시스템과 같은 복잡한 공정에도 적용이 가능하다. 물론 프로토콜을 충족하는 충전조건을 설정하는 데에도 응용할 수 있다. 본 연구의 목적은 고압수소 충전 과정에 대한 열 및 유동 특성을 파악하고 정량적 평가를 통해 충전 시스템의 최적화 설계 및 운영에 활용할 수 있는 사례를 제시하고자 한다.

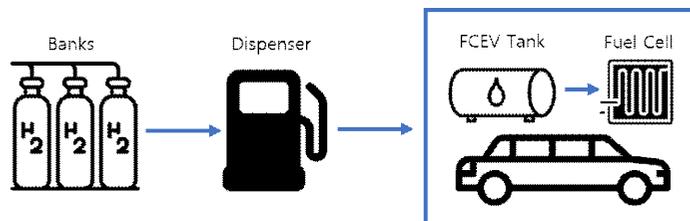


Fig. 수소자동차 고압 저장용기의 충전 및 방전 과정 해석 모델

3D CFD 기반의 수소취급시설 폭발위험장소 구분에 관한 연구

안승호, 오세현, 마병철*

전남대학교 화학공학부

*전남대학교 화학공학과

A Study on the Hazardous Area Classification of Hydrogen Facilities Based on 3D CFD

Seunghyo An, Sehyun Oh, Byungchol Ma*

Department of Chemical Engineering, Chonnam National University

*School of Chemical Engineering, Chonnam National University

요 약

차세대 에너지원인 수소는 확산성이 크고 점화에너지가 낮으며 가연성 범위가 넓고 연소속도가 빠르기 때문에 사고발생 시 큰 피해를 야기할 수 있다. 이러한 화재 및 폭발사고를 예방하기 위하여 수소 취급시설은 국제 표준 기준(IEC 60079-10-1)에 따라 폭발위험장소를 구분하고, 방폭 전기기계·기구를 설치하여야 한다. 그렇지만, 이러한 획일적인 기준은 사업장의 설비배치 및 장애물(설비, 시설, 구조물 등) 등 다양한 변수를 고려하지 않은 채, 누출유량, 밀도, 폭발하한농도(LEL)에 따라 위험장소 범위를 산정하고 있어, 기준의 실효성에 대한 의문이 제기되고 있다. 따라서, 본 연구에서는 3D CFD(Computational Fluid Dynamics)를 기반으로 수소 취급시설에서 설비배치, 장애물 등이 폭발위험장소에 미치는 영향을 확인하고자 한다. 이를 위하여, 수소 취급시설에서 발생가능한 최악의 시나리오 조건을 선정하였으며, 2D, 3D 시뮬레이션을 구동하여 장애물에 따른 확산 거동 및 폭발위험장소 결과 등을 비교·분석하였다. 그 결과, 수소 특성 및 장애물 등에 따라 확산 거동 및 유효체적 등이 변화하였으며, 사업장 설비 구조에 따라 위험장소 범위가 감소함을 확인하였다. 따라서, 수소의 경우 CFD 기법을 활용하여 폭발위험장소를 보다 과학적으로 구분하여 적용한다면, 사업장에서 화재 및 폭발사고를 미연에 방지하는데 크게 기여할 것으로 기대한다.

다목적 최적화에 기반하여 이산화탄소 감축율을 고려한 대용량 수소생산 전략개발

권휘웅, 이치훈, 차규상
한국가스공사 가스연구원

Strategies development of large hydrogen production considering CO₂ reduction rates based on multi-objective optimization

Hweeung Kwon, Chihun Lee, Kyusang Cha
KOGAS Research Institute, Korea Gas Corporation

요 약

2015년 파리기후협약 이후 전 세계적으로 온실가스를 줄이고자 하는 노력을 지속적으로 하고 있다. 향후 이산화탄소 배출에 대한 규제는 점점 엄격해 질 것으로 예상되며 이에 이산화탄소 감축율을 고려한 수소생산전략이 요구된다.

본 연구의 목적은 이산화탄소 감축율을 고려한 대용량 수소생산전략을 통하여 경제성을 확보하고 이산화탄소를 저감하는 것이다. 본 연구는 현재 상용적으로 사용되고 있는 천연가스를 원재료로 하는 수소생산공정 (NG-based), 수전해 이용한 수소생산공정, 그리고 앞선 두 수소생산 공정을 통합한 공정을 모델링하고 모사하였다. 또한 다목적최적화를 이용하여 최적 경제성과 최소 이산화탄소 배출량을 목적함수로하여 문제를 정의하였으며 앞서 언급한 공정 (NG-based, 수전해)들과 경제성 및 환경성 관점에서 비교 분석하였다. 결과적으로 통합된 공정은 천연가스 기반의 수소생산공정과 비교하였을 때 연간투자비용은 26.6% 증가하지만 이산화탄소 배출량은 88.1% 감소하는 결과를 보였다. 특히, 수전해는 직접적인 이산화탄소 배출은 없으나 용량 제한으로 인한 투자비용이 매우 큰 한계를 가지고 있다.

본 연구는 향후 CO₂ 배출량 감축을 고려하여 대용량 수소생산시설을 설치할 때 경제적 및 환경적 관점에서 정부관계자 및 이해관계자에게 귀중한 통찰력을 제공할 수 있다.

수소연료전지차량 충전에서의 대류 열전달계수 비교 분석

서효민, 박병흥*
한국교통대학교 화공생물공학과

Comparative analysis of convective heat transfer coefficient in hydrogen fuel cell vehicle filling

Hyo Min Seo, Byung Heung Park*
Department of Chemical and Biological Engineering, Korea National University of Transportation
**b.h.park@ut.ac.kr*

요 약

수소연료전지 차량은 빠른 충전에 따른 저장 탱크 내 수소의 온도 상승을 고려하여 약 35~70MPa까지의 저장 압력을 위해 -40℃까지 냉각된 형태로 공급된다. 이러한 과냉각, 고압축 기체 수소가 충전라인으로부터 저장 탱크로 유입되는 과정에서 충전 호스 및 대기와 열전달이 발생하며 이로 인해 최종적으로 수소 저장 탱크로 유입되는 수소의 온도는 공급 온도에 비해 상승하게 된다. 따라서 차량용 수소 저장 탱크의 온도 예측을 위해서는 각 충전 과정에서의 열전달 현상은 필수적으로 고려되어야 하며 이를 위해서는 대류 열전달계수를 정확하게 예측해야 한다.

수소 충전 과정은 수소 충전라인을 통과하여 차량 내 수소 저장 탱크까지 연결된 흐름으로 이루어지며 수소 충전라인은 디스펜서로부터 이어지는 도관, 밸브, 노즐, 리셉터클 등을 포함한다. 본 연구에서는 수소 충전 과정에서 발생하는 대류 열전달계수를 여러 상관 관계식을 통해 비교하였다. 대류 열전달계수는 수소 충전라인 및 저장 탱크의 외부, 내부를 분류하여 비교하였다. 외부에서는 충전라인과 탱크 모두 자연대류를, 내부 열전달에 대해서는 충전라인은 강제대류를 저장 탱크는 강제대류 및 복합대류를 비교하였다. 마지막으로, 계산된 각 과정에서의 열전달계수를 종합 비교하여 나온 계산 결과를 바탕으로 공급되는 수소의 온도 상승에 대한 영향을 분석하였다.

감사의 글: 본 연구는 국토교통부와 국토교통과학기술진흥원(KAIA)의 지원을 받아 수행된 연구입니다. (과제번호: 21OHTI-C163280-01)

전산유체역학을 이용한 대용량 수소탱크 충전 과정에 대한 연구

서호민, 심규석, 박병홍
한국교통대학교 화공생물공학전공

A Study on the Filling Process of Large Capacity Hydrogen Tank Using Computational Fluid Dynamics

Hyo Min Seo, Seok Gyu Shim, Byung Heung Park*
Department of Chemical and Biological Engineering, Korea National University of Transportation
**b.h.park@ut.ac.kr*

요 약

현재 많은 양의 탄소를 배출하여 생긴 문제로 지구온난화를 막기 위한 해결책 중 하나로 대두되는 수소에너지는 미래의 궁극적인 청정에너지원으로써 화석연료를 대체할 에너지로 제안되어 왔다. 그중 수소 연료전지 차량은 구동 시 공해물질을 발생시키지 않고, 물만 생성이 되어 친환경적인 교통수단으로 주목받고 있다. 전기차에 비하여 짧은 충전 시간을 가지고, 긴 주행거리를 이동하는 수소 연료전지 차량은 이 점을 살려 버스, 트럭 등 상용차로 확대해 나갈 예정이다.

현재 수소 연료전지 차량에 수소 충전 시에는 수소의 낮은 밀도로 인하여 고압으로 충전을 진행하게 된다. 이때, 압력에 의해 수소 차량 내에 장착되어 있는 수소탱크의 온도는 상승하게 된다. 수소 충전 프로토콜인 SAE J2601은 안전성의 이유로 탱크의 온도 한계(85℃)를 넘기지 않기 위한 충전 속도를 제시하고 있다.

본 연구에서는 SAE J2601를 기반으로 여러 충전 조건에서 수소탱크의 충전 과정을 전산유체역학 시뮬레이션을 통하여 진행하고, 수소 저장탱크의 직경과 길이의 비의 변화에 따른 탱크 내 온도에 대해 파악하였으며 질량 유량과 충전율을 확인했다.

시뮬레이션 진행 결과 탱크의 온도 한계(85℃)를 넘어가지 않았지만, 질량 유량이 SAE J2601에서 권고한 최대 속도인 60.g/s를 넘어가는 몇 개의 조건들이 있었다. 이를 해결하기 위해 수소탱크의 충전 방식과 느린 충전 속도를 제시하는 대용량 전용 프로토콜 개발이 요구된다. 이와 함께 추가적으로 충전율을 확인하여 최종 충전 상태에서의 안전성을 확인했다.

감사의 글: 본 연구는 산업통상자원부와 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행된 연구입니다. (과제번호: 20203010040010)

UAM 상용화를 위한 수소연료기반 eVTOL 안전기준에 관한 연구

이수훈, 이민수, 김세윤, 김의수[†]

한국교통대학교 안전공학과

A Study on the eVTOL Safety Standards Based on Hydrogen Fuel for Commercialization of UAM

Su-Hun Lee, Min-Su Lee, Se-yoon Kim, Eui-Soo Kim[†]

Department of safety Engineering, Korea National University of Transportation

[†] Corresponding author: es92kim@ut.ac.kr

요 약

대도시 도심의 교통 정체를 해결하기 위한 방법의 하나로 전기수직이착륙기(eVTOL:electric Vertical Takeoff & Landing)을 활용한 도심항공 모빌리티(UAM: Urban Air Mobility)의 관심이 증가하고 있다. 전기추진시스템을 활용한 eVTOL 항공기는 소음을 절감하고 CO2 배기가스를 절감한 친환경적 운용이 가능하고, 별도의 공항 활주로와 같은 거대 인프라가 필요 없이 수직이착륙이 가능하다는 장점이 있다. 따라서 국내 K-UAM로드맵에서도 eVTOL을 활용한 UAM과 기존 버스·택시·철도·PM(Personal Mobility)이 혼합된 Seamless 형태의 교통서비스(MaaS:Mobility as a Service)로 활용될 것으로 예상하고 있다. 최근 개발되고 있는 eVTOL의 경우 기존의 항공기와는 달리 전기추진시스템을 이용하고 멀티로터형, 복합형, 틸트로터형과 같은 다양한 추진형태를 띄고 있기 때문에 현재 미국의 FAA(Federal Aviation Administration)와 유럽의 EASA(European Union Avitaion Safety Agency)는 eVTOL을 적용할 수 있는 항공기 인증 규정을 제/개정하고 있다. 하지만 국내 항공기 기술기준에는 이러한 인증기준과 안전기준에 관한 분류가 어려워 eVTOL에 대한 합리적인 새로운 기술기준 수립의 필요성이 제기되고 있다. 특히 eVOL은 리튬배터리를 이용하여 전기추진형태를 띄고 있는데 Eviation사에서 개발중인 eVTOL 배터리에서 화재가 발생한 사례와 매년 증가하는 국내 전기차 화재 사고 추이를 볼 때 eVTOL도 이와 같은 추세를 보일 것으로 예상된다. 또한 리튬이온 배터리는 다른 동력원에 비해 상대적으로 무거운 것으로 알려져 있다. 이러한 추가 중량은 기체의 항속거리와 적재 용량을 감소시켜 효율성이 떨어진다. 따라서 리튬이온배터리의 한계점을 극복하기 위한 해결책으로 수소연료기반 eVTOL에 대한 연구의 필요성이 제기되고 있다. 수소연료기반 eVTOL은 배터리의 경량화와 화재의 위험성을 줄일 수 있을 뿐만 아니라 배터리 폐기 시 발생하는 환경문제 또한 해결해 줄수 있을 것이라 기대된다. 이에 본 연구에서는 국내 eVTOL의 인증기준과 미국의 FAA와 유럽의 EASA에서 제/개정 중인 인증기준을 비교 분석하여 국내 eVTOL 인증 규정의 필요성을 제시하고 eVTOL의 전기 동력 시스템의 안정성 및 효율성을 보완할 수 있는 수소 연료기반 eVTOL에 대한 안전기준을 제시하고자 한다.

본 과제(결과물)은 2023년도 교육부의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 지자체-대학 협력기반 지역혁신 사업의 결과입니다.(2021RIS-001(1345356234))

수소 충전 모델 개발을 위한 2D CFD 상태 방정식 및 난류 모델의 정확도 분석

임가희, 서호민, 박병흥*
한국교통대학교 화공생물공학전공

Accuracy Analysis of Equations of State and Turbulence Models using 2D CFD Method for Hydrogen Filling Model Development

Ga Hui Im, Hyo Min Seo, Byung Heung Park*
*Department of Chemical and Biological Engineering, Korea National University
of Transportation*
**b.h.park@ut.ac.kr*

요 약

이상기후의 발생 빈도수가 증가함에 따라 전 세계적으로 기후 위기에 대응하기 위한 정책이 추진되고 있으며, 수소경제로의 전환을 통해 탄소중립을 실현하고자 많은 연구가 진행되고 있다.

수소는 저장 및 운송 분야에서 차량의 청정 에너지 운반체로서 활용될 수 있다. 차량 내 탱크에 수소를 저장하기 위해서 수소는 고압에서 압축되어야 하는데, 이는 온도 상승으로 이어지고 한계 범위를 벗어날 경우에는 탱크의 파손까지 이어질 수 있다. 따라서 충전 과정 시 안정적인 수소 저장 및 공급을 위해 유체 유동 해석은 필수적이다. 이를 위해서는 유동 해석에 적합한 상태 방정식과 난류 모델을 선정하는 작업 또한 결과의 정확도에 영향을 미칠 수 있으므로 요구된다.

본 연구의 목적은 유동 해석에 활용되는 상태 방정식과 난류 모델에 따라 수소 탱크 내 가스 온도 및 유동 흐름을 비교하고, 문헌의 실험 결과를 바탕으로 적합한 CFD 모델을 제시하는 것이다. 따라서 문헌에 기재된 74L, 최종압력 35MPa 조건을 기반으로, 비교적 짧은 해석 시간을 제공하는 2D 축대칭 모델로 시뮬레이션을 수행하였다.

상태 방정식으로는 Peng-Robinson(PR), Soave-Redlich-Kwong(SRK) 모델을 비교하고, 난류 모델로는 $k-\epsilon$ 모델, $k-\omega$ 모델, Realizable $k-\epsilon$ 모델, SST 모델을 비교하였다. 이후 문헌의 실험 결과와 비교를 통해 검증이 이루어졌다. 해석 결과, 실험값과 비교하였을 때 적절한 열역학 모델로는 SRK 모델이, 난류 모델로는 Realizable $k-\epsilon$ 모델이 가장 적합함을 확인하였다.

감사의 글: 본 연구는 산업통상자원부와 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행된 연구입니다. (과제번호: 20227310100060)

액화수소 고압펌프 챔버 내 유동 유한요소해석

김현세^{*,**}, 함영복^{*}, 박중호^{*}

^{*}한국기계연구원 고효율에너지기계연구부,

^{**}과학기술연합대학원대학교 융합기계시스템학과

Finite Element Analysis of a Flow in a Chamber of a High Pressure Pump for Liquid Hydrogen

Hyunse Kim^{*,**}, Young-Bog Ham^{*}, Jung-Ho Park^{*}

^{*}Innovative Energy Machinery Research Division, Korea Institute of Machinery and Materials, ^{**}Department of Mechanical Engineering, University of Science and Technology

요 약

최근 수소에너지를 이용한 이동 수단에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다. 수소는 대기오염을 현저히 줄여 줄 수 있는 신재생에너지원으로 각광 받고 있다. 한편 이를 이용하기 위해서는 수소를 생산 저장 이송하는 과정이 필수적이다. 특히 수소를 90 Mpa에 이르는 고압으로 저장 이송할 경우 기체 상태보다 액체 상태이므로 부피가 줄게 되어, 상대적으로 비용을 절감 할 수 있다. 본 연구에서는 이러한 액화수소 펌프를 개발하기 위해 챔버 내의 유동을 유한요소해석 (Finite Element Methods (FEM)) 프로그램인 Ansys를 이용하여 해석하였다. 그 결과, 1차 챔버에서 2차 챔버 사이에 밸브가 없는 경우, 2차 챔버 내의 최대 속도는 9.075 m/s, 밸브가 3 mm 열린 경우의 최대 속도는 7.938 m/s 로 12.5% 감소하였다. 또한 밸브가 없는 경우의 최대 압력은 0.62 Mpa, 밸브가 3 mm 열린 경우의 최대 압력은 0.61 Mpa 로 2.5% 감소하였다. 이 결과를 바탕으로 액화수소 펌프의 상세 설계에 활용할 경우, 좀 더 효율적인 펌프의 설계가 가능할 것으로 판단된다.

Acknowledgement : 본 연구는 산업통상자원부 한국에너지기술평가원 (KETEP) 에너지기술개발사업 (20203010040020, 액화수소 충전소용 100 kg/h, 90MPa급 극저온 왕복동 펌프 개발)의 지원으로 수행되었음.

암모니아 SOFC를 위한 분해 반응기 및 촉매 연소기에 관한 연구

이상호, 이선엽*, 오세철, 장형준, 박철웅, 김용래
한국기계연구원 친환경에너지변환연구부 모빌리티동력연구실

A Study on a Decomposition Reactor and Catalytic Burner for Ammonia SOFC

Sangho Lee, Sunyoup Lee*, Sechul Oh, Hyengjun Jang, Cheolwoong Park,
Yongrae Kim

*Department of Mobility Power Research, Eco-friendly Energy Conversion
Research Division, Korea Institute of Machinery and Materials*

요 약

암모니아는 탄소를 배출하지 않는 연료로 선박분야와 발전분야에서 많은 관심을 받고 있다. 암모니아는 고체산화물 연료전지(SOFC, Solid Oxide Fuel Cell), 엔진 및 터빈 등 다양한 동력변환장치에서 연료로 사용이 가능하다. 특히, 암모니아의 느린 화염전파속도 및 높은 점화에너지 등 연소특성을 고려하여 전기화학반응을 통해 발전하는 암모니아 SOFC에 대한 많은 연구가 진행되고 있다. 하지만, 암모니아를 SOFC의 연료로 사용하기 위해서는 연료극 질화(Nitriding) 방지, 스택 온도 제어 및 대기오염물질 배출에 대한 연구가 추가적인 연구가 필요한 상황이다. 본 연구에서는 질화 방지와 스택 온도 제어를 위해 일부 암모니아를 분해하여 공급하는 분해 반응기와 연료전지 배기가스 내 미반응 수소와 암모니아를 연소하는 촉매 연소기를 개발하였다. 개발한 분해 반응기와 촉매 연소기는 SOFC 배기가스를 모사하는 실험 장치에서 평가하여 분해 반응기의 암모니아 전환율과 배기가스 내 질소산화물과 암모니아 배출량을 측정하였다. 암모니아 분해 반응기는 10LPM의 암모니아가 공급되는 조건에서 약 54%의 암모니아 전환율을 보였다. 또한, SOFC 스택 후단에서 99.10~99.70%의 암모니아 전환율을 가정하여 촉매 연소기에서 발생하는 질소 산화물 배출량과 암모니아 배출량을 측정하였다. 해당 조건에서 질소산화물 배출량은 가스안전공사의 고정형 연료전지 제조의 시설·기술·검사 기준(KGS AH371)에서 규정하는 질소산화물 배출량 0.26g/kWh를 초과하였다. 반면, 암모니아는 촉매 연소기의 온도가 600℃ 이상인 조건에서는 10ppm이하로 배출되었다.

기체확산층 물성이 음이온 교환막 연료전지 성능에 미치는 영향 연구

채지언, 이선엽*, 최지선, 김선엽, 박철웅

한국기계연구원 친환경에너지변환연구부 모빌리티동력연구실

Effects of the Characteristics of the Gas Diffusion Layers on Anion Exchange Membrane Fuel Cell Performance

Ji Eon Chae, Sunyoup Lee*, Ji-Seon Choi, Seonyeob Kim, Cheolwoong Park

*Department of Mobility Power Research, Eco-friendly Energy Conversion
Research Division, Korea Institute of Machinery and Materials*

요 약

음이온 교환막 연료전지(AEMFC)는 염기성 환경에서 구동되어 비귀금속 촉매를 이용할 수 있는 특징을 가지고 있으며, 기존 양이온 교환막 연료전지에 비해 촉매 비용을 절감할 수 있다. 또한 알칼라인 연료전지와 다르게 강염기 액상 전해질이 아닌 고체 고분자 전해질막을 사용하는 장점을 가지고 있다. 이러한 AEMFC는 막-전극 접합체, 기체확산층(GDL), 가스켓, 분리판, 집전체 등으로 구성된다. AEMFC의 성능을 결정하는 여러 요인 중 GDL은 다공성의 구조를 가지며, 유로에서 전극으로의 반응물 전달, 촉매 및 전해질막의 수분 공급 및 배출, 전극 지지체 등의 역할을 수행한다. 현재 사용 목적에 따라 상용화된 다양한 GDL이 판매되고 있으며, 각 GDL은 물리적인 특성의 차이를 가진다. 이러한 특성은 연료전지 성능에 직접적인 영향을 미치므로, 다양한 GDL의 물리적 특성을 분석하여 AEMFC에서 요구되는 GDL의 물성을 파악하는 것이 중요하다. 본 연구에서는 각 GDL 내의 소수성 불소계 고분자 함량을 분석하기 위해 에너지 분산형 X선 분광법 분석을 수행하여 GDL 내의 불소 원소 함량을 확인하였다. 물 접촉각을 측정하여 표면의 소수성 및 친수성의 특성을 확인하였다. GDL의 표면 형태 관찰을 위하여 주사전자현미경을 이용하였으며 기공 분포를 측정하기 위하여 Mercury porosimeter을 사용하였다. 음이온 교환막 기반 막-전극 접합체를 제조하여 다양한 GDL을 적용한 연료전지 성능을 분석하였다. 확인된 GDL 물성을 바탕으로 AEMFC 연구에서 성능에 영향을 미치는 GDL의 주요 인자들을 제시하였으며 추후 선정된 GDL을 활용하여 AEMFC 연구를 수행하고자 한다.

수소전기차(FCEV) 화재 시 개방 및 밀폐공간에서의 정량적 위험성 평가 연구

김규원, 김형기, 한혜정*, 정승호*
현대자동차, *아주대학교 환경안전공학과

A Study on Quantitative Risk Assessment in Open and Closed spaces in case of FCEV Fire

Gyuwon Kim, Hyunki Kim, Hyejeong Han*, Seungho Jung*
Hyundai Motor Company,
**Department of Environmental & Safety Engineering, Ajou University*

요 약

수소전기차(FCEV, Fuel Cell Electric Vehicle)는 ‘수소(Hydrogen)’를 연료로 사용하는 차량으로 ‘연료전지’를 이용해 수소와 공기 중 산소의 전기 화학반응으로 전기를 생성하고 이를 동력으로 활용한다. 이러한 수소전기차는 온실가스 배출이 없고 공기 정화 효과가 있는 친환경 차량으로 각광받고 있으며 현대자동차, 도요타, 혼다, BMW 등 여러 업체가 연구개발을 진행하고 있다.

이러한 수소전기차는 70.0MPa의 고압가스를 수소 탱크에 저장하여 사용하기 때문에 화재 시 폭발을 방지하기 위해 수소 탱크의 가스를 빠르게 배출시켜야 한다. 수소 탱크의 밸브에는 TPRD(Thermally activated Pressure Relief Device)가 장착되어 있어 110℃의 고온이 되는 경우 탱크 내 수소를 빠르게 대기 중으로 방출시킨다.

이에 본 연구에서는 차량에 장착된 수소 탱크가 화재로 인해 TPRD가 작동하였을 시 개방공간과 밀폐공간에서의 정량적 위험성 평가(QRA, Quantitative Risk Assessment)를 진행 하였다.

수소추출기 공정 비상상황에 따른 안전대책 마련 연구

오재진, 서두현*, 이광원**, 김태훈***, 홍성철***
호서대학교 안전소방학부, *PSP, 호서대학교 안전보건학과**, 호서대학교
안전공학과***

A Study on the Preparation of Safety Measures according to the Emergency Situation of Hydrogen Extractor Process

Oh Jae-Jin, Seo Doo-Hyoun*, Rhie Kwang-Won**, Kim Tae-Hun, Hong
Sung-Chul***

Division of safety and fire protection, Hoseo University,

**Process Safety Partner,*

***Department of Safety and Health, Hoseo University*

****Department of Safety Engineering, Hoseo University*

요 약

과거부터 수소는 미래의 에너지 자원으로써 큰 각광을 받으며 연구가 활발히 진행되어왔다. 현재에는 수소기술 상용화를 위한 노력이 이루어지고 있다. 수소기술 상용화가 빠르게 이루어짐에 따라서 여러 가지 안전대책이 요구된다. 본 연구에서는 수소 시스템 중 현재 활발히 개발되고 있는 수소추출기 공정에서 발생할 수 있는 비상상황에 대한 안전대책을 마련하기 위해 다양한 비상상황에 대해 연구하였다.

수소추출기를 사용함에 따라 여러 가지 잠재위험들이 존재하므로 다양한 비상상황에 따른 안전대책 마련이 필요하다. 비상상황에 따른 안전대책에 대하여 KGS CODE AH171의 비상정지제어 항목을 참조 할 수 있다. 그리고 실제 실증 운전 중 잠재되어있는 다양한 위험 상황들에 대하여 KGS CODE 외의 비상상황까지도 수소추출기에서 발생 가능한 위험요인을 도출하였다.

본 연구는 수소추출기 3건에 대한 HAZOP 분석을 바탕으로 이에 수소추출기 설비에서 발생할 수 있는 위험을 비롯하여 공정 실증 및 운전 중 발생 가능한 비상상황과 외적요인 등에 의해 발생할 수 있는 모든 비상상황을 정의하고, 각 비상상황에 따른 제어, 관리, 비상대응 방안을 연구하였다. 이를 토대로 수소추출기에 대한 표준 안전관리 매뉴얼 수립이 가능할 것이다.

고체산화물 수전해 설비에 대한 잠재위험요인 도출

유소현, 서두현*, 이광원, 김태훈**, 김현기**

호서대학교 안전소방학부, *피에스피, **호서대학교 안전공학과

Deduction of Potential Risk Factors for Solid Oxide Water Electrolysis Facilities

So-hyun Yoo, Doo-hyoun Seo[†], Gwang-won Rhie, Tae-hoon Kim^{}, Hyeon-ki Kim^{**}**

Division of Safety and Fire Protection Engineering, Hoseo University,

**PSP, **Department of Safety Engineering, Hoseo University*

요 약

수전해는 전력을 사용해 물을 전기분해하여 수소를 생산하는 방식이다. 그중 고체산화물 수전해는 고체산화물 전해질을 이용해 고온의 수증기(800℃)를 전기분해하여 수소를 생산하는 기술이다. 적은 에너지로 높은 열효율을 낼 수 있다는 점에서 현재 활발한 연구 중에 있다. 하지만, 고온 및 고체산화물의 특성에 따라 위험이 존재하기에 위험성 파악이 필요하다.

따라서, 본 연구에서는 고온의 특성을 지니는 고체산화물 수전해 공정에 대하여 정성적인 위험성 평가 기법은 HAZOP을 활용해 체계적으로 분석하여 공정내의 잠재된 위험요인 및 운전상의 문제점을 도출하였다. 총 8개의 Node로 나눠 검토하였으며 유해·위험요인 시나리오는 총 120개가 관찰되었다. 주요 평가내용으로는 열교환기의 성능 저하로 인한 고온의 공기배출 및 수소 누출로 인한 화재, 스택냉각 실패로 인한 설비 손상, 수소 중 산소농도/산소 중 수소농도 등을 살펴봤으며 이를 통해 설계 및 운전에 대한 안전성향상 및 사고 예방을 할 수 있도록 대책을 마련하였다.

감사의 글

본 연구는 에너지기술평가원 신재생에너지핵심기술사업(20203030040030)에 의하여 연구되었음에 감사드립니다.

반도체 제조공정 배출 미세먼지-질소산화물 동시 저감을 위한 습식 환원반응기 운전변수 최적화 연구

홍기훈¹, 엄성현^{1*}, 이승준², 고은하², 김새암²

¹고등기술연구원, 17180 경기도 용인시 처인구 백암면 고안로 51번길 175-28

²플라즈마텍, 17716 경기도 평택시 진위면 마산6로 71

A study on the Optimization of Operation Parameters of Wet Reduction Process for the Simultaneous Removal of Particulate Matters and Nitrogen Oxides in a Semiconductor Fabrication Process

Gi Hoon Hong¹, Sunghyun Uhm^{1*}, Seung Jun Lee², Eun Ha Ko², Saeam Kim²
¹Institute for Advanced Engineering, 175-28, Goan-ro 51 beon-gil, Baegam-myeon, Cheoin-gu, Yongin-si, Gyeonggi-do, 17180, Republic of Korea

²Plasma Tech 71, Masan 6-ro, Jinwi-myeon, Pyeongtaek-si, Gyeonggi-do, 17716, Republic of Korea

요약

산성가스, 알칼리가스 및 유기성 가스 등 복합적 요인으로 여러 특수가스로부터 배출되는 반도체 제조공정에서는 복합대기오염물질 처리가 가능한 통합시스템이 지속적으로 요구되고 있으며, 이러한 복합 대기오염물질을 처리하는 과정에서 추가적으로 미세먼지까지 발생하는 문제점이 있다.

본 연구에서는 미세먼지와 질소산화물이 동시에 발생하는 반도체 공정모사가스를 처리하기 위하여 오존산화, 습식중화 및 습식전기집진 공정을 포함하는 10 CMM급 복합오염물질 제거시스템을 구축하여, NO_x 제거효율 증대를 위한 공정변수 제어 및 최적화를 진행하였다. 특히, NO_x 제거를 위해 습식 환원반응기의 환원제와 첨가제의 농도 등 변수실험을 통해 저감효율 지속성 기준 최적조건을 도출하였다.

keyword: 반도체 폐가스, 미세먼지-질소산화물 동시처리, 습식 환원반응, 공정 최적화

이차전지 배터리 및 박판 용접부 건전성 확보를 위한 비접촉 공중 초음파(NAUT)기술에 의한 검출 신호 평가

임성진, 이광권, 원순호^{†*}
대한검사기술(주), ^{*}한국재료연구원

Evaluation of discontinuity signal detected for thin weld zone and secondary battery by using NAUT system

Seongjin, Lim, Kwangkwon, Lee, Soonho, Won^{†*}
Korea Inspection Engineering Co., Republic of Kroea, ^{†}Korea Institute of
Materials Science, Republic of Korea*

요 약

본 연구는 비파괴시험 기법 중 초음파를 활용한 검사기술로서 접촉식 초음파검사(UT:Ultrasonic Testing)를 대체한 비접촉식 초음파검사(NAUT:Non-contact Air coupled Ultrasonic Testing)를 적용하였다. 이차전지 액체 전해질 분포 및 전고체 전지의 내부 상태, Plate 용접부 건전성 평가에 대한 실증시험을 수행하였다. 각각의 실증시험을 위해 제조사 및 자체 제작한 Mock-up 시편을 활용하여 최적의 데이터 취득이 가능한 검사 조건 및 사양을 선정하고, Raster 및 Linear Scanning 기법을 적용하여 신호처리 전용 S/W 기반으로 시편으로부터 검출된 신호에 대해 평가를 수행하였다. 결과적으로, 적용 주파수 대역 200~800KHz Focusing & Flat Type의 Probe를 사용하여 배터리 전해질 분포 및 내부 상태 건전 여부(공극 & 이물질)와 Plate 용접부 결함(용접부 표면 Notch, SDH)을 검출할 수 있었다. 본 연구 결과로 검사 후처리 작업이 불필요하게 되었고, 기존에 검사가 어려웠던 난제 검사 대상체(밸브, 노즐, 분기관 등)에도 대응 가능하도록 다양한 실험을 추가적으로 수행할 것이다.

본 연구는 중소벤처기업부 중소기업 산학협력사업(No.S3311804) 연구비 지원을 받아 수행되었습니다.

가스계 소화설비 질식·중독사고 예방 방안

정기혁, 이한희, 한우섭

한국산업안전보건공단 산업안전보건연구원

A study to prevent asphyxiation incidents caused by gaseous fire suppression system

Kihyuk Jung, Hanhee Lee, Ousup Han

Occupational Safety & Health Research Institute, KOSHA, Daejeon 305-380, Korea

요 약

전기실, 서버실과 같이 물을 이용하여 소화를 할 수 없는 경우에는, 가스계 소화설비가 세계적으로 널리 활용되고 있다. 이런 가스계 소화설비는 화재 시 즉각 작동되도록 시스템이 구성되어 있어 유사시에는 용이한 부분이 있으나, 오작동 시에는 원치 않는 구역에 대량의 소화가스가 단 시간 내에 분출되게 된다. 따라서 상황에 따라서는 질식·중독으로 인한 사망사고로 까지 이어지고 있다. 산업재해통계에 따르면 최근 10년간 이산화탄소 소화설비 오작동으로 인한 사고는 총 10건으로, 총 14명이 사망하고 31명이 부상을 입은 것으로 보고되고 있어 사고예방을 위한 방안 마련이 시급한 실정이다. 따라서 이번 연구에서는 국내외 가스계 소화설비관련 기준검토를 통해 질식·중독 사고를 예방하기 위한 방안을 제시하고자 하였다. 그 간의 사고사례 분석을 통해 사고발생 단계를 오조작, 작동, 운무·대피, 질식·중독, 사망, 총 5단계로 구분하였으며 각 단계별 국내외 방호대책 검토를 통해, 현행 기준의 부족한 부분을 보완하고자 하였다.

프로판의 농도 불균일성에 따른 폭발특성 변화

한우섭 · 이한희 · 정기혁

한국산업안전보건공단 산업안전보건연구원

Hazard of Explosion and Flame Propagation in Non-uniform Methan

OuSup HAN · HanHee LEE · KiHyuck JUNG

Occupational Safety & Health Research Institute, KOSHA, Deajeon 305-380, Korea

요 약

연료용 가스의 주성분인 메탄, 프로판은 청정 연료로서 사업장을 비롯해 일반 가정에서도 연료원으로 많이 사용되고 있으며 폭발특성에 대한 많은 실험적 연구가 이루어져 왔다. 특히 밀폐 폭발용기에서의 압력특성에 대해 혼합기의 농도, 온도 및 압력의 영향 등에 대한 결과가 많이 보고되고 있다. 그러나 공정 설비 내 또는 가스누출에 의해 형성되는 가스혼합기는 대부분 가스와 공기의 혼합이 균일하지 않고 공간적으로 고농도와 저농도의 가스 혼합기가 복잡하게 분포할 가능성이 높다. 또한 가스 폭발특성에 대한 기존 문헌자료는 균일 가스 혼합기 조건에서 측정된 것이 대부분이며, 불균일 가스 혼합기의 폭발특성은 아직도 불분명한 사항이 매우 많다. 기존의 불균일성 혼합기에서의 가스폭발 특성 연구는 주로 착화 지연시간, 노즐의 크기, 가스 분출시간 등의 불균일성 형성 조건을 사용하여 조사가 이루어졌다. 이러한 방법에서는 혼합기의 불균일성 크기를 정성적인 평가를 통해 폭발특성을 관찰하고 있다. 그러므로 대부분의 가스폭발에서와 같이 불균일 혼합기에 의한 결과를 예측하고 적절한 피해저감 기술을 개발하기 위해서는 불균일성 가스폭발 특성에 대한 이해가 중요하다. 이를 위해서는 혼합기의 가스농도 변화 정도를 나타낼 수 있는 불균일성 혼합기에 대한 기준이 요구되며, 이에 기반한 정량적인 불균일성의 변화에 따른 가스폭발의 특성 조사가 필요하다. 본 연구에서는 연료용 가스(LPG)의 주성분인 프로판(C_4H_8) 가스의 누출에 의한 폭발사고 저감을 위하여 실제 가스 누출 상황에서 일어날 수 있는 불균일성 가스 혼합기에서의 화염전파 및 폭발 특성을 실험적으로 조사하고 불균일성에 따른 화재폭발 위험성을 분석하였다.

국내외 화학사고 DB 기반 사고빈도분석

유나린, 한지윤* 김이수, 이도경, 이근원**

아주대학교 환경공학과, *아주대학교 환경연구소, **아주대학교 환경안전공학과

Accident frequency analysis based on domestic and foreign chemical accident database

Narin Yoo, Ji Yun Han*, Lee Su Kim, Dogyeong Lee, Keunwon Lee**

*Department of Environmental Engineering, Ajou University, *Environmental
Research Institute, Ajou University, **Department of Environmental and Safety
Engineering, Ajou University*

요약

화학산업에서 취급하는 화학물질은 매우 다양하며, 대량 취급으로 인한 잠재적 위험성이 크다. 또한 화재 및 폭발 또는 독성물질의 누출로 사고가 발생할 경우 인적, 물적 손실뿐만 아니라 환경에 유해한 영향을 미친다. 2020년에 발생했던 인도 스타이렌 가스 누출사고와 같이 실제로 국내외에서 매년 여러 중대산업사고가 발생하고 있으며, 화학공장의 건설, 운전, 보수뿐만 아니라 화학물질 운반시에도 화재, 폭발 및 누출사고 등이 발생하고 있다. 따라서 이러한 화학사고를 예방하고 예측하기 위해서는 과거에 발생한 사고 데이터를 수집, 분석하여 화학사고 발생빈도를 예측해 유사사고 예방에 활용하는 것이 중요하다.

본 연구에서는 화학사고 빈도를 예측하고자 국내외의 화학사고 데이터를 수집·분석하였다. 국내 데이터로는 산업안전보건공단의 중대산업사고, 환경부 화학물질안전원의 화학사고 통계자료, 가스안전공사의 가스사고 통계 연감을 수집 및 분석하였다. 국외 데이터로는 영국보건안전청 (HSE, Health and Safety Executive)의 HCRD (Hydrocarbon Release Database), OGP (International Association of Oil & Gas producers), eMARS (Major Accident Reporting System), ARIA (Analysis, Research and Information on Accidents)와 미국의 독성물질 질병 등록청의 NTSIP (National Toxic Substance Incidents Program) 데이터 등을 분석하였다. 이러한 분석결과를 화학사고 빈도를 예측하는 추론식을 개발 하는데 활용하고자 한다.

본 연구는 환경부의 재원으로 한국환경산업기술원의 화학사고 예측·예방 고도화 기술 개발사업의 지원을 받아 수행된 연구임. (과제번호: 2022003620003, 화학사고 예측·예방 고도화 기술 개발사업) 또한 2023년도 정부(산업통상자원부)의 재원으로 한국산업기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임. (과제번호: P0012787, 2023년 산업혁신인재성장지원사업)

6시그마 분석을 통한 이차전지 배터리공정 안전사고 예방방안 연구

† 김우중, 원오훈, 문명환
전남대학교 환경에너지공학과

A Study on the prevention method of secondary battery process safety accident through six sigma analysis

Kim woo joong · Won Oe Hum* · Moon Myoung Hwan

Chonnam National University Department of Environmental Energy Engineering

* Corresponding author: kwj713@naver.com

국가적으로 전기차 관련 이차전지 배터리 산업이 전 세계적 ‘탈 산소화’ 정책증가에 따른 국내외 수요증가로 가파른 호황을 누리고 있어 생산시설의 증가가 빠른속도로 이루어 지고 있다. 이에 이차전지 배터리 생산의 핵심 공정인 양극재공정의 중요성도 높아지고 있다. 이에 이차전지 배터리 생산공정에서 사고발생 확률이 높은 유해 위험요인을 도출하고 재해발생 원인 및 그에따른 결과를 6 시그마 비법으로 분석하여 정규성 검정을 통하여 주요재해요인 분석 및 개선대책을 수립하는 연구가 핵심이다.

또한, 잠재적인 휴먼에러에 의한 안전사고는 일반적 설비나 관리 에러에 의한 사고에 비해 원인이 명확하지 않아 작업자의 직무분석을 통해 사고 영향요인을 선정하여 안전재해 발생 위험비중과 그와 연관된 재해의 원인들의 상관관계를 추가로 파악하여 분석하여 신뢰성을 검증하는 방법을 선정하였다.

반도체 웨이퍼 공정에서 주된 사고의 원인은 잠재적인 휴먼에러에 의한 사고가 가장 높은 비율로 발생하고 있고 안전사고를 예방하기 위해서는 관련 작업자의 직무 분석을 통한 사고 영향요인을 분석하여 주요원인 및 개선대책을 선정하였다.

본 연구의 최종 목표는 이차전지 배터리 생산공정의 안전재해를 분석 후 집중 재해 건수 ZERO화를 개선목표로 설정하였으며, 개선결과를 하부전개하여 실제 안전사고 예방에 영향이 있는지를 정성적으로 분석하는 것이다.

그리고 이차전지 배터리 생산공정의 재해의 원인과 개선대책을 6시그마 기법을 통해 분석함으로써 미래의 안전재해 예측 및 예방 활용 방향성을 제시하는데 그 의미가 있다.

중소규모 화학물질 취급 사업장 디지털 전환을 위한 공정안전관리 시스템 개발에 대한 연구

양동현, 안승호, 마병철*

전남대학교 화학공학부

*전남대학교 화학공학과

A Study on the Development of a Process Safety Management System for Digital Transformation of Small and Medium-Sized factories for handling Chemical substance

Donghyon Yang, Seunghyo An, Byungchol Ma*

Department of Chemical Engineering, Chonnam National University, GwangJu
61186, Korea,

*School of Chemical Engineering, Chonnam National University, GwangJu
61186, Korea

요 약

사업장에서는 유해·위험시설에서 발생하는 유해물질 누출이나 화재·폭발 등의 사고를 예방하기 위해 공정안전관리(process safety management, PSM)제도로 운영하고 있으며, PSM 12개 구성요소 중 1개 요소가 변경되면 다른 요소들도 모두 변경함으로써, 시간적, 경제적 부담이 있고, 4차 산업 발전으로 사업장 환경 또한 변화에 따라 PSM의 디지털화를 지속적으로 요구하고 있다. 따라서, 본 연구에서는 디지털 PSM 시스템 개발을 통해 중소기업에 디지털 전환 및 스마트 공정안전시스템 구축에 도움이 되고자 한다. 첫째, 공정안전관리 요소에 대한 연관성을 분석하여 핵심요소를 기반으로 관계형 데이터베이스 시스템(relation database management system, RDBMS) 방식으로 설계하여 데이터 중복 최소화 및 실시간 데이터 공유가 가능하도록 한다. 이를 통해, 디지털 공정안전관리 시스템에 입력된 사업장의 모든 정보를 데이터베이스화하고, 실시간 데이터 공유가 가능하여 모든 정보는 자동으로 갱신이 된다. 둘째, 디지털 공정안전관리 시스템은 네트워크 방식으로 접근이 가능함에 따라 실시간으로 데이터 수정 및 추가 등이 가능하여 업무 효율성을 극대화할 수 있을 것으로 예상된다. 셋째, 사업장 전체 3D 모델링 데이터를 이용하여 시각화함으로써 근로자의 편의성 및 안전성을 높일 수 있고, 중소기업 사업장의 디지털트윈 기반의 안전관리 체계를 구축하는데 기여할 것으로 기대된다. 본 연구를 통해 중소기업 사업장에 저장된 정보 등의 빅데이터화가 가능하고, 추후 AI 또는 머신러닝을 이용한 수명예측 등에 활용할 수 있는 자료로 활용가능할 것으로 예상된다.

N.N-Dimethylformamide(DMF) 저장탱크 파손에 의한 독성, 화재, 누출 등의 영향범위 산정과 사고대응에 관한 연구

†원오훈, 김우중, 문명환
전남대학교 화학공학과

A study on the calculation of the scope of influence such as toxicity, fire, and leakage caused by damage to N.N-Dimethylformamide (DMF) storage tanks and accident response

Won Oe Hum · Kim woo joong* · Moon Myoung Hwan
Chonnam National University Department of Chemical Engineering
† Corresponding author: pscgoh@nate.com

요 약

산업화가 고도화가 되고 화학물질에 대한 중대산업사고가 급증하고 있는 상황이며, 중소기업에서는 중대산업사고를 예방하기 위한 대응과 대책이 부족한 상황으로 산업 안전보건법 상 PSM과 2015년 화학물질관리법 시행에 따라 유해화학물질, 유독물질 등을 사용하기 위한 영업허가를 취득을 위해 화학물질 안전원에 화학사고예방관리계획서를 제출하여 승인을 받도록 되어있다. 물질의 누출에 의하여 급성독성의 위험이 있으며 인화점이 낮아 화재의 위험성이 있는 물질인 DMF(N.N-Dimethylformamide)에 대하여 화재, 누출, 유출 등의 발생 시 피해영향범위를 판단하여 상관관계식을 도출하기 위하여 미국의 환경대기국(NOAA)과 환경보호청이 공동으로 개발하여 배포한 피해예측 프로그램인 ALOHA와 한국의 화학물질 안전원에서 개발하여 배포한 KORA의 결과를 비교하여 적용 및 검증을 실시하고자 한다. ALOHA의 장점으로서는 대기 확산 및 DEGADIS(공기보다 무거운 가스 또는 극저온 가스에 적용) 누출 모델을 사용하여 화학물질별로 산정이 가능하며 외부의 Data Base의 별도 사용이 가능하고, Google Earth와 호환이 되어 지도상에 표기가 가능하지만 단점으로는 기상조건을 반영하지 않는 것이 단점이다. KORA의 장점으로서는 프로그램의 구동방법이 복잡하지 않고 전문성이 요구되지 않는다는 장점이 있다. 따라서 본 연구를 통하여 ALOHA와 KORA의 사고영향범위를 분석해본 결과 ALOHA의 경우는 좌표 등을 작성하여 표기하여야 하는 반면 KORA의 경우 간편하게 범위의 지정이 가능했으며, KORA의 경우 영향범위가 ALOHA보다 영향범위를 쉽게 확인이 가능하였다.

수소튜브트레일러 고압호스 체결너트 파단에 의한 사고사례에 관한 연구

남성현, 김완구, 김대식, 김훈배, 모진영, 오현승
한국가스안전공사 사고조사부

A Study on the Case of High Pressure Hose Fastening Nut Break in Hydrogen Tube Trailer

Nam Sunghyeon, Kim Wankoo, Kim Dae Sik Kim HunBae, Mo Jin Young, Oh Hyeon
Seung
Korea Gas Safety corporation

요 약

수소튜브트레일러는 고압·대량의 수소가스를 수소충전소, 산업용 사용처에 안정적으로 운송해 수급을 담당하는 필수적인 장비이다. 수소튜브트레일러에 충전된 수소는 고압호스를 통해 사용처로 공급되며, 이때 고압호스는 튜브트레일러 아울렛에 체결너트의 조임력에 의해 연결되는 형태이다.

이번 연구에서는 수소튜브트레일러와 고압호스를 연결할 때 사용되는 체결너트의 파단사례에 대한 원인과 위험성을 분석하고자 한다. 체결너트의 조임과정에서 체결너트는 조임력이 집중적으로 가해지는 목부분에서 변형이 시작되며, 목두께, 조임력 등 복합적인 원인에 의해 파단 및 변형이 발생하는 경향을 확인하였다. 파단과정 재연실험을 통해 변형 및 파단형태를 관찰하였고 파단 매커니즘을 분석하였다. 또한 실태조사를 통해 현재 사용처에서 사용되고 있는 체결너트의 형태, 균열·변형 등의 이상유무를 확인하였다.

이번 연구를 통해 체결너트의 파단원인의 분석, 안전기준의 마련의 필요성을 전파하여 동일한 사고를 예방하고 사고원인 분석 등의 데이터로 활용하고자 한다.

스퀴즈오프에 따른 PE배관의 기밀시험 및 손상평가 확인

서호성, 이화영, 이재훈
한국가스안전공사 가스안전연구원

Confirmation of confidential test and Damage Evaluation of Polyethylene pipe according to squeeze-off

Ho seong Seo, Hwa young Lee, Jae-hun Lee
Korea Gas Safety Corporation, Eumseong 27738, Republic of Korea.

요 약

PE배관은 경제적 측면과 시공의 편의성 등의 장점을 가지고 있기 때문에 국내에서 최대사용압력 0.4MPa 이하에서 지하매설 용도로 이용되고 있다. 이러한 PE배관의 연결 및 철거, 유지, 보수 등에 가스 흐름을 차단하기 위한 방법으로 스퀴즈오프를 사용하고 있다. 스퀴즈오프란 PE배관의 유연성을 활용하여 배관을 압착하여 가스 흐름을 차단하는 방법으로 물리적인 힘을 가하기 때문에 PE배관에 손상을 일으킬 수 있으며, 충분한 힘을 가하지 못하면 스퀴즈오프 작업 중 배관 내 가스 흐름을 완전히 차단시킬 수 없어 가스가 누출될 수 있다.

따라서 본 연구에서는 스퀴즈오프 압축률에 따른 기밀시험 유지 여부와 PE배관에 손상여부를 확인하기 위하여 압축률(20%, 25%, 30%)과 PE배관의 관경(63mm, 90mm, 110mm), 내부 사용압력(2.8kPa, 25kPa, 70kPa)에 따라 기밀시험 유지 여부를 확인하였으며, 이 중 63mm, 90mm 배관의 70kPa 사용압력에서 압축률에 따른 조건으로 스퀴즈오프를 진행한 PE배관에 추가적으로 수압시험을 통한 손상평가를 실시하였다. 기밀시험은 Ar(아르곤)을 이용하여 실시하였으며, 70kPa의 사용압력 및 110mm의 배관에서 누출이 발생하였다. 손상평가의 경우 일반적인 압축률에서는 손상이 발생하지 않았으나, 과도한 압축을 진행한 63mm(73%), 110mm(45%) 배관에서 파손이 발생하는 것을 확인하였다. 본 연구결과 기밀유지를 위한 스퀴즈오프 작업은 25kPa 이하의 사용압력 및 90mm 배관을 초과하지 않는 배관에 대해 실시해야하며, PE배관의 손상을 방지하기 위한 적정 압축률은 30%임을 확인하였다.

CBM 저류층에서 메탄가스의 흡착 특성을 고려한 균열투과도 및 균열공극률 산출 연구

송차영, 조성학, 강인구, *이정환*
전남대학교 에너지자원공학과

A Study on Cleat Permeability and Cleat Porosity Considering the Adsorption Characteristics of Methane Gas in a CBM reservoir

Chayoung Song, Seonghak Jo, Ingu Kang, Kyeongsik Park, Jeonghwan Lee*
*Dept. of Energy and Resources Engineering, Chonnam National University

요 약

본 연구에서는 석탄층 메탄가스(coalbed methane, CBM) 저류층 조건에 따른 석탄의 메탄가스 흡착량을 측정하였으며, 균열투과도와 균열공극률을 산출하였다. 실험을 위해 인도네시아 북부 칼리만탄 섬 내 임의의 광구에서 취득한 석탄시료를 사용하여 저류층 조건(상압 ~ 1,200 psi 압력범위, 59 ~ 113 °F 온도 범위)에서 탄층 입자에 대한 가스흡착량을 측정하였으며, 취득된 절대 흡착량에 삼각선형보간법을 적용하여 실험이 수행되지 않은 온도 및 압력 범위에서 최대 가스흡착량을 산출하였다. 실험 결과, 압력이 증가하고 온도가 감소할수록 석탄 입자에 대한 가스흡착량이 증가하지만 적정 심도(1,000 ft) 이상에서는 그 증가폭이 감소하는 것을 확인하였다. 유효응력을 고려하여 석탄층의 심도별 균열투과도와 균열공극률을 산출한 결과, 균열투과도는 28.86 ~ 46.81 md, 균열공극률은 0.83 ~ 0.98%로 나타났다. 이는 석탄층에서 심도에 따른 투과도 감소폭이 크기 때문에 심도에 따른 가스 생산성이 크게 변함을 의미한다. 따라서 향후 석탄층 메탄가스 저류층에서 생산정 간격 설계 시 석탄층의 심도조건을 필수적으로 고려해야 한다.

사 사

본 연구는 국토교통부/국토교통과학기술진흥원의 지원으로 수행되었음(과제번호 RS-2022-00143541). 또한 본 연구는 2015년도 산업통상자원부의 재원으로 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구과제입니다(No. 20152510101980).

* Corresponding Author(이정환), E-mail: jhwan@jnu.ac.kr

국내 폐석탄광을 활용한 이산화탄소 지중저장 가능성 평가

한선이, 노현영, 윤찬영, 이영수*
전북대학교

An Evaluation of the Potential for Geological CO₂ Storage in a Unmineable Coal Mine

Sunlee Han, Hyeonyeong Roh, Chanyoung Yun, Youmsoo Lee*
Jeonbuk National University

요 약

국내 폐석탄광산은 약 110개이며 주로 전라도, 경상도, 충청북도 등에 대부분 소 규모로 분포하며, 정부는 폐석탄광산의 자연환경 복원과 함께 에너지 전환, 지역개발, 관광산업 등 다양한 분야에서 활용할 수 있는 대책을 마련하고 있다. 이 중에 폐석탄광을 활용한 CO₂ 지중저장 기술은 대규모 지중저장소가 아직 발견되지 않은 국내에서 육상 중규모 CCS 저장소로 활용될 수 있을 것으로 기대된다. 특히 ECBM(Enhanced Coalbed Methane)으로 잘 알려진 것처럼 채광이 불가능한 석탄층에 CO₂를 주입하여 메탄가스를 치환함으로써 탄소배출권 확보와 더불어 메탄가스 생산도 기대할 수 있다. 본 연구에서는 이에 대한 평가를 위해 화순 지역의 폐석탄광을 대상으로 이산화탄소 포집 및 저장(CCS) 기술을 활용한 이산화탄소 지중저장 가능성을 평가하였다. 이를 위해 고압흡착장비를 활용하여 화순 폐석탄광으로부터 취득한 샘플의 압력에 따른 흡착량을 측정하였다. 실험 결과, 메탄에 비해 CO₂의 흡착량이 더 높게 나타났으며, 석탄입자의 크기가 작을수록 흡착량이 증가하는 것으로 나타났다. 또한 화순지역의 경우, 기존에 채광이 진행되었던 지역 하부에 덮개암의 역할을 할 수 있는 셰일이 존재하고, 이 지층 아래에 심도가 깊어 채광이 불가능한 석탄층이 존재하는 것으로 알려져 있어 안정적인 CO₂ 저장이 가능할 것으로 기대된다. 이에 대한 보다 정확한 분석을 위해 향후 자세한 물리탐사 및 저장지층의 흡착능력 평가를 통한 저장용량 평가가 수행되어야 하며, 인근의 CO₂ 배출원과 연계한 CCS 실증연구가 요구된다.

핵심어: 폐석탄광, CCS, CO₂ 흡착, 저장용량 평가

사사: 이 성과는 대한민국 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원(No. RS-2023-00210272)과 K-CCUS 추진단의 지원(No. 1345361354)을 받아 수행된 연구입니다.

An Investigation of the Corrosion Characteristics in the Oil & Gas Well

Joseph Iranzi 1*, **Hanam Son 2***, **Sunil Kown 3****
Pukyong National University, Dong-A University***

Abstract

Oil & gas production well can be affected by corrosion either internally or externally depending on the operating environment during petroleum production. Failure threats of well potentially induced by internal corrosion have been classified as: general corrosion, pitting corrosion, mesa attack corrosion, Flow induced localized corrosion (FILC), H₂S corrosion, Microbiologically influenced corrosion (MIC), Top of the line corrosion (TOLC). In particular, corrosion by hydrogen sulfide generated from oil gas occurs frequently in the oil & gas production process. Recently, pitting corrosion or mesa attack corrosion are also frequently occurring due to CO₂ injection in the CCS or CO₂ EOR processes. In this study, we investigated field cases where corrosion occurred in an oil well. In addition, we summarized and analyzed oil production parameters related to corrosion. The physical properties of crude oil related to the corrosion rate were investigated with focusing on the effect of water cut level and oil flowing. This study can be used as a reference for further corrosion inhibitor research in oil gas wells or reasonable oil and gas production from reservoir.

이 연구는 2023년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단 기초연구사업의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2022R1F1A1075117)

천연가스 생산기지 주요 설비 RCM 기반 유지보수 방법 검토 연구

김영완, 김준호, 서승희*, 고재필
 한국가스공사 가스연구원, *(주)ATG

Research of Maintenance Method based RCM in Gas Facility for
 LNG Receiving Terminal

Young Wan, Kim, Joon Ho, Kim, Seung Hee, Suh*, Jae Pil, Koh
*KOGAS Research Institute, *ATG Co. Ltd,*

요 약

한국가스공사는 LNG를 해외로부터 선박을 이용하여 전량 수입하여, 초저온 상태의 액체로 저장탱크에 보관하고 있으며, 발전소, 공장, 가정의 수요에 따라 LNG를 기화시켜 배관망을 통해 전국에 가스로 공급하고 있다. 천연가스 생산기지 주요 설비인 저압 LNG 1차 펌프, 고압 2차 펌프, 증발가스 압축기, 기화해수펌프에 대하여 RCM(Reliability-Centered Maintenance)을 기반으로 유지보수 방법을 검토하였다. RCM은 플랜트의 요구되는 성능이 지속해서 발휘될 수 있도록 보증하기 위한 처리 과정이다. 또한, RCM은 안전하면서 최소한의 정비수준을 확립하기 위한 처리 과정으로 특징지어진다. SAE JA1011에서 제시한 RCM에 대한 평가조건은 FMEA(Failure Mode & Effect Analysis) 또는 FMECA(Failure Mode, Effect & Criticality Analysis)로 정리될 수 있다. FEMA는 부분요소의 고장형태를 서브시스템에서 시스템으로 고장의 요인을 예측하는 방법으로, 시스템을 구성하는 기기 혹은 부품 등이 어떤 고장을 발생하였을 때, 그 고장이 시스템에 어떠한 영향을 주는가를 분석하여, 큰 영향을 미치는 기기 혹은 부품을 추출하는 기법이다.

천연가스 생산기지의 주요 설비 4종에 대하여 RCM 기반 유지보수 방법 검토를 위하여 FMEA를 수행하였다. 설비의 운영상황을 각각 분석하고 설비별 기능을 정의하였고, 이에 따른 고장형태를 정의한 후 고장 원인 및 고장 메커니즘을 분석하였다. 또한 고장의 영향도를 분석하였고, 이를 바탕으로 위험도 평가를 위해 기존 Aladon사의 위험도 매트릭스보다 강화된 KOGAS 기준을 적용하여 보다 보수적인 위험도 평가를 실시하였다. 현장 계측시설 및 시스템 설치 여부와 유사 산업군 사례 분석 등을 포함하여 기술적 기준으로 CBM(Condition-Based Maintenance), TBM(Time-Based Maintenance), BM(Breakdown Maintenance), 재설계 등의 정비전략을 선정하여 주요 설비에 대한 최적 유지보수 방법을 검토하였다. 여기에는 CBM 도입 필요 여부, CBM 도입을 위한 개선 사항, 추가적인 상태감시 기술 등이 포함되었다.

고압 LNG 2차펌프 샤프트의 건전성 평가

김철만, 권순길, 최원목, 김영완, 정석영, 김준호, 고재필
한국가스공사 가스연구원

Integrity evaluation for shaft of LNG 2nd pump

Cheol-man Kim, Sun-gil Gwon, Won-mog Choi, Young-wan Kim, Seok-young
Jung, Joon-ho Kim, Jae-pil Koh
KOGAS Research Institute

요 약

장기간 운영후 제작이 완료된 고압 LNG 2차 펌프 3기에 대하여, 주요 부품인 샤프트에 대한 기계적 특성을 평가하였다. 제작사에서 구성 부품에 대한 재질 목록만 제공하며, 부품에 대한 성능 시험 결과를 제공하지 않기 때문에 장기간 사용한 부품에 대하여 건전성을 확인하고자 한다. LNG 펌프는 9단의 임펠러로 구성되어 있으며, 가장 큰 응력을 받을 것으로 예상되는 2단과 가장 응력이 작을 것으로 예상되는 9단 위치에서 샤프트에 대한 기계적 특성 평가용 시험편을 채취하였고, 조직관찰, 비커스 경도측정, 인장시험, EDS 성분분석(샤프트 본체 및 표면 코팅부)을 수행하여 건전성을 확인하였다.

고압 LNG 2차 펌프의 주요 부품인 샤프트 3개에 대한 경도는 300~320 HV 범위로 측정되었고, 3개 모두 큰 차이가 없었다. 샤프트 소재는 SST 15-5 PH 마르텐사이트 석출경화형 스테인리스강으로서, ASTM A564 규격에 따라 강종은 XM-12(UNS : S15500, 열처리 조건 : H1150M)로 예상되었다. 인장시험 및 성분분석 결과, ASTM 규격을 모두 만족시켰으며, Cr 도금층의 두께는 150 μm 를 상회하였다. 따라서, 장기간 운영한 고압 LNG 2차 펌프의 주요 부품인 샤프트는 충분한 건전성을 유지하고 있는 것으로 판단되었다.

멤브레인형 Closed Mock-up Tank 설계 및 제작 II

윤용근, 오병택, 김영균, 김진호
한국가스공사 가스연구원

The Design and Fabrication II of Membrane type Closed Mock-up Tank

Y.K.YOON, B.T.OH, Y.K.KIM, J.H.KIM
KOGAS RESEARCH INSTITUTE

요 약

기존 논문에서는 LNG 선박에 향상된 기술을 적용하기 위한 KC-2A 멤브레인 시스템의 안전성 검증 관련 연구 내용과 Closed Mock-up Tank(CMT) 제작 현황에 대해 설명하였다. KC-2A 멤브레인 시스템은 KC-1 멤브레인 시스템 대비 경제성 및 성능을 높이고자 개발에 착수하여 멤브레인 두께, 평판 단열시스템의 앵커 구조 및 코너 단열시스템의 앵커 구조의 개선 등을 목표로 연구를 수행하였다.

개선된 KC-2A 시스템은 멤브레인의 두께 및 형상 개선, BOR을 낮추기 위한 단열재 두께 증가에 따른 문제점 개선 및 평판 단열시스템과 코너 단열시스템 경량화를 위한 멤브레인 고정용 앵커구조 개선 등의 개발을 완료하였다. KC-2A 멤브레인과 단열시스템은 유한요소 해석을 통해 1차 검증을 완료하였고 이를 활용하여 CMT 설계 및 제작을 진행하였다. CMT 저온 실험은 LN2를 사용하여 3회 Cool-down을 진행하였다.

이 논문은 CMT 내 설치된 KC-2A 멤브레인의 거동을 분석하기 위하여 Strain gauge를 내부에 부착하여 저온 환경에서 개선된 멤브레인의 경향성을 파악하고자 한다.

본 연구에서 FE 해석을 기초로 Strain gauge 부착 위치를 결정하였고 CMT 운영 동안 발생하는 높은 변형률 위치를 확인 할 수 있었다. CMT 운영 동안 멤브레인의 변형을 확인하기 위하여 Strain gauge는 주름부의 상부와 하부, 평판부 및 용접부에 설치하였다. Rosette type의 strain gauge를 설치하여 주요 변형률 계산이 가능하게 하였으며, CMT 내 KC-2A 멤브레인에 설치된 Strain gauge의 총 개수는 40개이다.

CMT 운영 결과 1차 방벽 멤브레인의 육안 검사 결과로부터 이상 현상이 발생되지 않았음을 확인하였다. 또한, KC-2A 멤브레인은 초저온에 의한 열충격을 안정적으로 흡수하고 있으며, 측정된 모든 변형률 값을 검토한 결과 피로-수명 선도에서 안정된 위치에 존재하는 것을 확인하였다. 즉, KC-2A 멤브레인의 피로강도는 선박 적용 요구조건에 만족하고 있음을 알 수 있다.

종합적으로, 개선된 KC-2A 멤브레인 시스템(size, pitch length 및 corrugation size)은 실제 선박에 적용이 가능함을 확인하였다.

감사의 글

본 연구는 산업통상자원부/한국산업기술평가관리원 '시장경쟁력 확보를 위한 BOR 0.07% 이하의 LNG 선박용 화물창 개발 (20012875)' 과제의 지원을 받아 작성되었습니다.

LNG 저장탱크 대구경-고강도 강관말뚝 설계 지배인자 분석

이슬기, 김준휘

한국가스공사 가스연구원 LNG기술연구소

Design of Large diameter-High strength steel pile for LNG storage tank

Seul Kee, Lee, Jun Hwi, Kim

LNG technology research division, KOGAS Research institute

요 약

LNG 저장탱크는 해외에서 수입한 LNG를 효율적으로 저장하기 위하여 연안에 위치하므로 기반암 심도가 깊고 연약한 지반 상에 건설되며, 국가중요시설물인 LNG 저장탱크의 기초 안전성을 확보하기 위하여 주로 강관말뚝 기초를 갖는다. 강관말뚝 기초 공사비는 저장탱크 공사비의 약 20%를 차지하는데 고가의 강관말뚝이 다수 적용되므로 재료비 변동이 공사비 변동에 큰 영향을 미친다.

본 연구에서는 LNG 저장탱크에 적용되는 대구경-고강도 강관말뚝의 공사비 절감을 위하여 저장탱크 하중과 대상현장의 지반 및 대구경-고강도 강관말뚝의 특성을 반영한 최적화의 선행연구로 현행 강관말뚝 설계의 지배인자를 검토하고자 한다.

검토를 위하여 상부구조인 저장탱크에 작용하는 자중과 수평지진력, 수직지진력을 조합하여 콘크리트 슬래브 상단에 작용하는 합력을 산정한다. 이 합력을 평면상에 분포하는 다수 강관말뚝의 두부에 분배하여 강관말뚝 1본당 제하 되는 수직력과 수평력을 산정한다. 1본당 강관말뚝 두부 작용력에 지반-강관말뚝 상호작용을 고려하면 강관말뚝 심도별 부재력을 산정할 수 있다.

LNG 저장탱크에 적용된 대구경-고강도 강관말뚝 설계의 주요인자는 지반지지력, 수평변위보다 말뚝부재력, 그중에서도 지진시 수평력에 의한 휨모멘트가 지배적인 것으로 나타났다.

심도별 휨모멘트 변화를 통해 강관말뚝 최적화를 위해서는 지반지지력과 수평변위의 한계내에서 심도별 휨모멘트 변화에 대응한 설계가 필요하다. 따라서 단일말뚝내 종방향 강관말뚝 최적화 연구가 필요하다.

사단법인 한국가스학회

2023년도 봄 학술대회 논문집

발행처 (사) 한국가스학회
서울특별시 강남구 도산대로8길 12 3층 329호
Tel : 02-445-4857 Fax : 02-445-4850
홈페이지 : www.kigas.or.kr

발행일 2023년 5월 25일

발행인 사단법인 한국가스학회 회장 정희용

“본 사업은 기획재정부의 복권기금 및 과학기술정보통신부의 과학기술진흥 기금으로 추진되어 사회적 가치 실현과 국가 과학기술 발전에 기여합니다.”